



ИКИ



Федеральное агентство научных организаций
Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов Российской академии наук
Отделение биологических наук Российской академии наук
Научный совет по лесу Российской академии наук
Общество почвоведов им. В.В. Докучаева
Институт космических исследований Российской академии наук
Московский государственный университет леса
Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
Международный институт леса
Федеральное агентство лесного хозяйства

«НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСАМИ»

Материалы
Всероссийской научной конференции

Москва
21 – 23 октября 2014 г.

УДК 630 (082)
ISBN 978-5-9905012-3-2

Научные основы устойчивого управления лесами: Материалы Всероссийской научной конференции. – М.: ЦЭПЛ РАН, 2014. 191 с.

В сборнике представлено более 120 тезисов докладов, касающихся проблемы устойчивого управления лесами по следующим направлениям: экологические и экономические аспекты устойчивого управления лесами; современное состояние и динамика лесного покрова; методология и методы оценки состояния лесов и лесных ресурсов; теория и практика управления балансом углерода лесов; экологические функции лесных почв.

Для работников лесного хозяйства, экологов, биологов, почвоведов, специалистов по ГИС, преподавателей, студентов высших учебных заведений и всех, кого интересует устойчивое управление лесами.

Редакционная коллегия: к.б.н. Алейников А.А., к.б.н. Браславская Т.Ю., к.б.н. Горнов А.В., д.б.н. Замолотчиков Д.Г., Иванова Н.В., к.б.н. Кузнецов П.В., д.б.н. Лукина Н.В., к.б.н. Орлова М.А., Шашков М.П., к.б.н. Шевченко Н.Е.

Конференция проведена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 14-04-20458-г).

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	9
ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ	
Энергетическая модель хода роста запаса древостоев и возможности ее применения для решения задач устойчивого управления лесами. <i>Алексеев А.С.</i>	10
Роль дистанционных данных в системе мониторинга биологического разнообразия, оценки экосистемных функций и услуг лесов. <i>Ершов Д.В., Лукина Н.В., Барталев С.А., Лупян Е.А.</i>	13
Баланс углерода лесов России: ретроспективный анализ и прогнозные оценки. <i>Замолодчиков Д.Г.</i>	14
О концепции программы ««экологические и социально-экономические риски деградации лесов и пути их предотвращения». <i>Лукина Н.В., Исаев А.С.</i>	15
ГИС-модель динамики лесного покрова ландшафтов России. <i>Рожков В.А., Исаев А.С., Швиденко А.З., Ефремов Д.Ф., Седых В.Н., Соколов В.А.</i>	17
Реконструкция потенциального лесного покрова как основа для решения проблем природопользования с экосистемных позиций. <i>Смирнова О.В.</i>	17
Маска лесов России на основе синтеза данных дистанционного зондирования, статистики и краудсорсинга. <i>Щепащенко Д.Г.; Швиденко А.З.; Щепащенко М.В.</i>	19
СЕКЦИЯ 1. Устойчивое управление лесами: экологические и экономические аспекты	
Проблемы и перспективы лесопользования в республике Беларусь с учетом экологического императива. <i>Багинский В.Ф., Катков Н.Н., Лапицкая О.В.</i>	22
Инвазийные вредители и патогены - новая проблема в защите леса в XXI столетии. <i>Баранчиков Ю.Н.</i>	23
Экологические приоритеты в стратегии лесопользования и охраны ландшафтов Зейского лесничества в Амурской области. <i>Борисова И.Г., Раткевич И.А.</i>	24
Природоохранное планирование при реализации устойчивого лесопользования. <i>Заидуллина А.Т.</i>	26
Комплексные лесохозяйственные работы в эмерджентных лесах. <i>Ковалев Б.И.</i>	28
Восстановление полидоминантных разновозрастных лесов как основа устойчивого управления лесами. <i>Коротков В.Н.</i>	30
Опыт Бикинского и Кедрового лесоклиматических проектов: особенности реализации и перспективы для устойчивого лесопользования. <i>Липка О.Н., Чувасов Е.В., Лепешкин Е.А.</i>	31
Причины и последствия лесных пожаров на территории Российской Федерации в связи с проблемами лесовосстановления. <i>Максимова Е.Ю., Абакумов Е.В.</i>	33
Устойчивость лесных экосистем в зависимости от состава аэротехногенных выбросов. <i>Менщиков С.Л.</i>	35
История регионального фронта лесозаготовок в республике Коми: на пути к интенсификации лесного хозяйства. <i>Наумов В.В., Ангельстам П.</i>	36
Эффективное лесопользование в сохранении биоразнообразия сосновых лесов. <i>Пересторонина О.Н., Савиных Н.П., Гальвас А.Г.</i>	36
Леса высокой природоохранной ценности Омской области. <i>Пликина Н.В., Ефремов А.Н.</i>	38
Стратегическое лесное планирование как метод экономического обоснования неистощительного и доходного лесопользования. <i>Починков С.В., Чумаченко С.И., Каракчиева И.В.</i>	40
Особо охраняемые территории тверской области на землях лесного фонда: проблемы управления и охраны. <i>Пушай Е.С., Тусов А.В.</i>	41
Новые концепции развития и управления древостоями. <i>Рогозин М.В.</i>	42
Проблемы устойчивого управления лесами на Сахалине. <i>Сабиров Р.Н.</i>	43
Осуществление видов деятельности в сфере туризма как новый вид использования лесов. <i>Смирнов С.И.</i>	45

Состав и структура лесных сообществ юго-западного Подмосковья: классификация и картографирование. Черненко Т.В., Морозова О.В., Пузаченко М.Ю., Беляева Н.В., Попов С.Ю.....	46
СЕКЦИЯ 2. Состояние и динамика лесного покрова	
Возобновительные процессы в старовозрастных лесах ближнего Подмосковья: выводы из 30-летнего мониторинга на постоянных пробных площадях. Абатуров А.В., Браславская Т.Ю., Королева С.Ю.....	48
Исторические причины сохранности лесов в верховьях реки Печоры (Печоро-Илычский заповедник). Алейников А.А.....	49
Лесообразующая роль ветровалов. Алесенков Ю.М.....	51
Динамика растительности при зарастании сельскохозяйственных угодий и ее роль в поддержании биоразнообразия лесов центра европейской России. Бобровский М.В., Москаленко С.В.....	52
Популяционные механизмы динамики и стабилизации старовозрастных влажных еловых лесов в подзоне северной тайги. Браславская Т.Ю., Баарецова Т.В., Леонов В.Д., Пахов А.С., Цилин А.А., Харлампиева М.В., Ворочай Е.А., Мотовилов Д.Е., Алдохина Т.М., Ивлева Е.Г., Загайнова А.А., Ворочай Ю.А., Коротаев М.В., Минеева Т.В.....	53
Северо-западная граница ареала <i>Pinus koraiensis</i> Siebold et Zucc. Волков Е.В.....	55
Особенности формирования лесов на заброшенных пойменных сельскохозяйственных угодьях. Горнов А.В., Ручинская Е.В.....	57
Биомасса напочвенного покрова старовозрастных темнохвойных лесов Костромской области. Грозовская И.С., Ханина Л.Г., Смирнов В.Э., Бобровский М.В., Романов М.С.....	58
Сезонный режим фар под пологом сомкнутого леса и в «окнах» разного размера. Ефименко А.С., Алейников А.А.....	60
Возобновление древостоя <i>Pinus sylvestris</i> L. на базе ООПТ Медведский бор Нолинского района Кировской области. Зыкин А.Е., Савиных Н.П., Пересторонина О.Н.....	61
Экологические и ценотические особенности мест обитания <i>Lobaria pulmonaria</i> на северо-востоке Костромской области. Иванова Н.В.....	63
Болота Алтая, их функционирование и экологическая роль. Инишева Л.И., Ларина Г.В., Сипович О.Ю.....	65
Многолетняя динамика нагорных дубрав южной лесостепи сформированных рубками ухода (Теллермановское опытное лесничество). Истомина Я.Г., Каплина Н.Ф.....	66
Особенности прироста разных древесных пород в условиях типичной лесостепи Среднерусской возвышенности. Калугина С.В., Митряйкина А. М., Польшина М.А.....	68
Анализ изменений лесного покрова после массового размножения сибирского шелкопряда по разновременным космическим снимкам. Князева С.В., Эйдлина С.П., Жирин В.М.....	70
Оценка современного состояние лесов юго-восточного Крыма. Кузнецов М.Е.....	70
Случайные цепи как модели лесных сукцессий (общий взгляд и частные примеры). Логофет Д.О.....	72
Влияние пылевых выбросов силикатного производства на сосновые экосистемы среднего Поволжья. Майшанова М.И.....	74
Ельники зоны смешанных лесов: гэд-динамика или восстановление после распада древостоя? Маслов А.А.....	75
Расселение лесных трав на заброшенные сельскохозяйственные угодья в заповеднике Калужские засеки. Москаленко С.В., Бобровский М.В.....	76
Долговременный мониторинг древесной растительности: опыт и перспективы. Овчинникова Н.Ф.....	77
Инвазионные виды растений в лесных сообществах Брянской области. Панасенко Н.Н.....	79
Изменения лесного покрова на территории Костромской области за период 2000-2012 гг. По данным GLOBAL FOREST CHANGE. Петухов И.Н.....	81
Современное состояние лесного покрова Восточно-Тувинского нагорья. Самбуу А.Д.....	82

Долговременный мониторинг – основа стратегии устойчивого управления лесами в условиях изменяющейся природной среды. <i>Сирин А.А., Гульбе А.Я., Маслов А.А.</i>	84
Темпы развития прегенеративных особей дуба черешчатого в сообществах южного Подмосковья и ГПЗ Калужские засеки. <i>Стаменов М.Н.</i>	85
Роль грибного консорта в формировании устойчивости лесов и регулирование экосистемных функций леса. <i>Стороженко В.Г.</i>	86
Изменение климата и состояние лесов Архангельской области. <i>Сурина Е.А., Сеньков А.О.</i>	88
Что происходит с лесами после массовой гибели ели после вспышки численности короеда-типографа в европейской части России? <i>Уланова Н.Г.</i>	90
Сохранить защитные леса Подмосковья как основу устойчивого развития региона! <i>Черняго Л.С., Куликов И.Н.</i>	91
Сосновые древостои в крупном промышленном городе: состояние и факторы трансформации. <i>Шавнин С.А., Веселкин Д.В., Воробейчик Е.Л., Галако В.А., Власенко В.Э.</i>	92
Изменение лесистости и соотношения главных лесообразующих видов деревьев в лесах центрального Предкавказья с конца XVII века до настоящего времени. <i>Шевченко Н.Е.</i>	94

СЕКЦИЯ 3. Методология и методы оценки состояния лесов и лесных ресурсов.

Анализ естественной восстановительной динамики растительности на вырубках по временным рядам спутниковых данных LANDSAT. <i>Белова Е.И., Ершов Д.В.</i>	95
Методика реконструкции допожарной растительности участка ГПЗ Денежкин Камень, поврежденного пожаром 2010 г., по данным космической съемки LANDSAT. <i>Владимирова Н.А., Алейников А.А.</i>	95
Совершенствование методики картографирования лесов по спутниковым данным LANDSAT-TM/ETM+ на примере Печоро-Ильчского заповедника. <i>Гаврилюк Е.А., Ершов Д.В.</i>	96
Модель системы ветвей дерева и ее параметризация по натурным данным. <i>Галицкий В.В.</i>	98
Лабораторные/портативные газовые и изотопные анализаторы веществ. Перспективы их использования в геологии, экологии, гидрологии. <i>Галкин Г.М.</i>	99
Моделирование пространственно-временной структуры древостоя с учетом механизмов конкуренции между деревьями. <i>Грбарник П.Я., Женет А., Секретенко О.П., Безрукова М.Г.</i>	100
Теория игр и защита леса. <i>Гуц А.К., Володченко Л.А.</i>	100
Оценка состояния сосны обыкновенной в условиях рекреационного воздействия. <i>Ермакова М.В.</i>	101
Сравнительный анализ продуктивности различных типов леса. <i>Зиятдинова З.Ф., Чиляков С.А., Чилякова Н.А.</i>	102
Структура популяций березы повислой и березы пушистой по системам размножения и ее использование для устойчивого управления лесами. <i>Исаков И.Ю.</i>	103
Оценка жизнестойкости как основа прогноза состояния дуба черешчатого в неблагоприятных условиях центра и юга ЕТР. <i>Каплина Н.Ф.</i>	104
Методология и методика выдельной экономической оценки древесных ресурсов леса. <i>Каракчиева И.В., Починков С.В.</i>	106
Аналитические и картографические модели устойчивости лесных экосистем. <i>Коломыц Э.Г., Керженцев А.С., Шарая Л.С.</i>	107
Модель оптимизации рубок, ориентированная на данные ГУЛФ. <i>Корзухин М.Д., Зукерт Н.В., Голованов А.С.</i>	108
Оценка сомкнутости древесного полога по разносезонным снимкам LANDSAT. <i>Королева Н.В.</i>	110
Агролесомелиоративная оценка защитных лесных насаждений с применением данных дистанционного зондирования. <i>Кошелев А.В.</i>	112
Применение данных дистанционного зондирования и многомерного анализа в информационном обеспечении лесного хозяйства. <i>Крнеке А.Н., Пузаченко Ю.Г., Сандлерский Р.Б.</i>	113

Использование показателей содержания и динамики пластических углеводов в тканях и органах дуба черешчатого (<i>Quercus robur</i> L) при оценке состояния лесостепных нагорных дубрав Европейской части России. Кулакова Н.Ю., Каплина Н.Ф.....	115
Эколого-генетические основы устойчивого сохранения лесных ресурсов антропогенных экосистем. Макеева В.М., Смуров А.В., Политов Д.В., Белоконь М.М., Белоконь Ю.С., Сулова Е.Г., Радченко И.В., Калинин А.А.....	116
Создание атласа эталонных спутниковых изображений поврежденных участков леса для решения задач лесопатологического мониторинга. Малахова Е.Г.....	118
Изучение экологического нарушения лесного покрова северного склона Большого Кавказа на основе космических данных. Мамедалиева В.М., Сулейманова Е.Д., Хасаева С.Г.....	119
Методология оценки и прогноза состояния дубрав в условиях антропогенных воздействий (на примере Московского региона). Мучник Е.Э., Каплина Н.Ф., Кулакова Н.Ю., Селочник Н.Н., Ермолова Л.С.....	120
Оценка структурной деградации лесных экосистем с помощью марковской модели сукцессии. Немчинова А.В.....	122
Изменение высот насаждений горных лесов Южной Сибири при потеплении климата в XXI в. Парфенова Е.И., Чебакова Н.М.....	124
Математическая модель экономических последствий карантинных эпифитотий для лесных ресурсов РФ на примере заболевания «вилт хвойных пород». Перевертин К.А., Кулинич О.А.....	126
Энергетическая характеристика лесного пожара, как фактор, определяющий степень повреждения растительного покрова. Пономарев Е.И., Швецов Е.Г.....	127
Индикация антропогенного воздействия на городские леса (на примере г. Петрозаводска). Рудковская О.А.....	128
Эколого-экономическая оценка кедровых лесов Сибири. Соколов В.А., Втюрина О.П., Кузьмик Н.С., Соколова Н.В., Борисевич Н.А.....	130
Оценка запасов биомассы лесов на основе комплексной обработки данных спутниковых наблюдений и учета лесного фонда. Соколова Е.Н., Ершов Д.В.....	132
Современные аспекты исследований влияния насекомых-филлофагов на состояние лесных сообществ. Уткина И.А., Рубцов В.В.....	133
Сравнительная оценка разнообразия растительности особо охраняемых природных территорий на основе средств статистического моделирования. Ханина Л.Г., Смирнов В.Э., Бобровский М.В., Стародубцева Е.А.....	134
Познание ландшафтной организации лесов европейского севера России, как средство повышения значимости их ресурсно-сырьевого и биосферного потенциалов. Цветков В.Ф., Маслова Н.А., Андриянов В.В., Тажикенова Н.А.....	136

СЕКЦИЯ 4. Теория и практика управления балансом углерода лесов.

Эмиссия диоксида углерода от древесного дебриса лесных экосистем Валдайской возвышенности. Абрамов А.С., Гитарский М.Л., Голов В.Н., Коротков В.Н., Шитиков С.А.....	139
Роль таежных экосистем европейского северо-востока России в регулировании углеродного баланса северного полушария. Бобкова К.С., Галенко Э.П., Тужилкина В.В., Осипов А.Ф., Кузнецов М.А.....	140
Запасы и продукция древесного яруса олиготрофных болот Западной Сибири. Головацкая Е.А.....	141
Баланс углерода в старовозрастных лесах: результаты модельного эксперимента. Грабовский В.И.....	143
Экосистемные запасы углерода при лесном и безлесном вариантах развития территории. Каганов В.В.....	143
Аккумуляция углерода в крупных древесных остатках в зоне прерывистого распространения многолетней мерзлоты Средней Сибири. Климченко А.В.....	144
Биотрансформация лигнина в лесных экосистемах. Ковалев И.В.....	145
Сезонная динамика углекислотного газообмена ствола ели сибирской. Кузин С.Н.....	146

Запасы углерода на территории нарушенных сосновых насаждений Средней Сибири. <i>Махныкина А.В., Верховец С.В.</i>	147
Влияние добавления азота на минерализацию углерода в почвах под разными древесными породами. <i>Меняйло О.В., Матвиенко А.И.</i>	149
Факторы CO ₂ -эмиссионной активности древесного дебриса. <i>Мухин В.А., Диярова Д.К., Веселкин Д.В.</i>	151
CO ₂ и H ₂ O обмен в лесных экосистемах южной тайги в условиях изменяющегося климата. <i>Ольчев А.В.</i>	152
Компоненты бюджета углерода в лесных насаждениях, используемых при рекультивации открытых горных выработок. <i>Почикалов А.В., Ларин Я.А., Карелин Д.В., Арешин А.В.</i>	153
Динамика и структура запасов углерода в постагрогенных экосистемах южной тайги. <i>Рыжова И.М., Ерохова А.А., Подвезенная М.А.</i>	154
Крупные древесные остатки в крупнотравных темнохвойных лесах Северного Предуралья. <i>Тюрин А.В., Алейников А.А.</i>	156
Новая версия базы данных по лесным почвам Северной Евразии. <i>Честных О.В., Бакаева З.М.</i>	157
Сезонные вариации фотосинтеза в южнотаежном ельнике. <i>Юзбеков А.К.</i>	158

СЕКЦИЯ 5. Экологические функции лесных почв.

Почвенный биологический потенциал криогенных лесных экосистем. <i>Безкоровайная И.Н., Климченко А.В., Евграфова С.Ю.</i>	159
Особенности почвообразования в лесных биогеоценозах. <i>Волокитин М.П.</i>	160
Оценка состояния ключевых видов почвенной биоты в бореальных лесах разных типов северного Урала. <i>Гераськина А.П.</i>	162
Микробиологический мониторинг и биоремедиация почв антропогенно-нарушенных лесных экосистем средней Сибири. <i>Гродницкая И.Д., Сорокин Н.Д.</i>	163
Гидротермический режим перегнойно - карбонатных горных-лесных почв под дубняками. <i>Гюлалыев Ч.Г.</i>	165
Динамика минерального режима почв в ходе послепожарных сукцессий еловых лесов Печоро-Ильчского заповедника. <i>Калимова И.Б., Дроздова И.В., Беляева А.И.</i>	166
Fabricated soil for landscape rehabilitation. <i>Кефели В.И.</i>	167
Имитационное моделирование круговоротов углерода и азота в лесных экосистемах бореальной зоны. <i>Комаров А.С., Шанин В.Н.</i>	168
Закономерности формирования элементного состава почвы в результате переработки косной материи живым веществом. <i>Корж В.Д.</i>	169
Количественная оценка влияния рекреации на свойства дерново-подзолистых почв лесопарков Москвы. <i>Кузнецов В.А., Рыжова И.М.</i>	170
Оценка барьерного потенциала почв в зоне влияния Тайшетского алюминиевого завода. <i>Кузнецов П.В., Халбаев В.Л., Гребенщикова В.И.</i>	172
Реакция почв на трансформацию лесорастительных условий территории юга Среднерусской возвышенности обусловленную климатической динамикой. <i>Кухарук Н.С., Смирнова Л.Г.</i>	173
Почвенная микробиота северотаежных сосновых лесов Европейского северо-востока. <i>Лаптева Е.М., Виноградова Ю.А., Шергина Н.Н., Филатов А.Д., Холопов Ю.А., Новаковский А.Б.</i>	175
Особенности формирования и основные свойства почв лесомелиоративных насаждений ООПТ регионального значения «сосновые насаждения у села Плеханы». <i>Мартыненко О.В., Карминов В.Н., Максимова А.Н.</i>	177
Влияние пожара на запасы корней и подземного детрита в горно-таежных лиственничниках Прибайкалья. <i>Мухортова Л.В., Кривобоков Л.В.</i>	178
Радиометрический подход в исследовании лесных почв. <i>Пономарева Т.В., Пономарев Е.И.</i>	180

Роль атмосферных выпадений азота в обеспеченности лесов азотным минеральным питанием: анализ динамики и индикаторные показатели. <i>Припутина И.В., Комаров А.С., Зубкова Е.В., Шанин В.Н.</i>	181
Постагрогенная динамика некоторых свойств почв во взаимосвязи с демутационной сукцессией (южная тайга). <i>Телеснина В.М.</i>	182
Роль зон аккумуляции в пространственном распределении почв и эколого-ценотических групп. <i>Шарый П.А., Коротков В.Н.</i>	184
Многолетняя популяционная динамика дождевого червя <i>Aporrectodea caliginosa</i> в широколиственных лесах Калужской области. <i>Шашков М.П.</i>	185
Население беспозвоночных в ряду микросукцессий на кабаньих порогах (на примере лугов заповедника «брянский лес»). <i>Шашков М.П., Иванова Н.В., Горнов А.В.</i>	187
Сокращенные и полные названия организаций	189

ПРЕДИСЛОВИЕ

Леса – распространенные и сложноорганизованные экосистемы. Леса выполняют множество экосистемных функций, они являются важнейшими убежищами (рефугиумами) биоразнообразия и обеспечивают местообитаниями более половины известных видов растений и животных. Особая роль в сохранении мирового биоразнообразия лесов и выполнении ими экосистемных функций принадлежит России, на долю которой приходится 22% всех мировых лесных ресурсов, в том числе более половины бореальных лесов планеты. Земли лесного фонда составляют более 2/3 общей площади земель нашей страны, а лесистость ее территории (45,4%) – одна из самых высоких в мире. Анализ материалов спутникового мониторинга демонстрирует, что с начала текущего века заметно сокращаются покрытые лесом площади Российской Федерации. Сокращение лесов обусловлено комбинированным влиянием природных и антропогенных факторов: изменением климата; пожарами; промышленным загрязнением; массовыми вспышками численности вредителей; грибными и бактериальными болезнями; истощительным использованием лесов; нерациональным ведением лесного хозяйства, связанным с отрывом лесного хозяйства от современной лесной науки.

Деградация лесов, вызванная антропогенными факторами, ведет к ускоренной и безвозвратной потере биоразнообразия и жизненно важных для человека экосистемных функций. Для предотвращения дальнейшей деградации лесов России необходима разработка соответствующих современным вызовам методов и технологий мониторинга, охраны, защиты, использования и воспроизводства лесов с сохранением их внутривидового (генетического), видового и экосистемного биоразнообразия и экосистемных функций, создание научных основ устойчивого управления лесами.

Всероссийская научная конференция «Научные основы устойчивого управления лесами» посвящена обсуждению этих актуальных проблем. На пленарной сессии представлено 10 докладов, посвященных приоритетным направлениям развития лесной науки, методологии и методам мониторинга лесов и лесных ресурсов, исследованиям динамики лесного покрова, оценке экосистемных функций и услуг, стратегическому лесному планированию, оценке эффективности интенсивной модели лесного хозяйства, биотехнологическим подходам к лесовосстановлению и лесоуправлению.

На секционных заседаниях обсуждается 83 устных доклада: 13 докладов направлены на обсуждение экологических и экономических аспектов устойчивого управления лесами, 25 докладов – на обсуждение современного состояния и динамики лесного покрова, 18 докладов посвящены методологии и методам оценки состояния лесов и лесных ресурсов, 11 – теории и практике управления балансом углерода лесов, 16 – оценке экологических функций лесных почв. На конференции также представлено 11 стендовых сообщений по основным направлениям работы конференции.

В рамках конференции запланировано заседание двух круглых столов: «Что такое устойчивое управление лесами?» и «Возможные сценарии множественного модельного прогноза динамики лесов – что нужно моделировать?»

Всероссийская научная Конференция «Научные основы устойчивого управления лесами» открывает цикл конференций, направленных на разработку приоритетного направления развития лесной науки «Экологические и социально-экономические угрозы деградации лесов и пути их предотвращения».

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ХОДА РОСТА ЗАПАСА ДРЕВОСТОЕВ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСАМИ

Алексеев А.С.
ЛТУ, г. Санкт-Петербург
a_s_alekseev@mail.ru

Введение

Энергетическая модель хода роста запаса насаждений имеет такое название потому, что построена на основе баланса поглощения и расходования солнечной энергии [1, 7, 9, 10]. В ее основе лежит тот фундаментальный факт, согласно которому причиной увеличения запаса древостоев является процесс фотосинтеза составляющих его деревьев, протекающий за счет поглощения энергии солнца. Модель широко известна в научной литературе, вошла во многие учебники и может иметь важные практические приложения. Целью данной работы является с помощью этой модели проанализировать на адекватном теоретико-математическом уровне ход роста древостоев основных лесообразующих пород и его варианты при их разреживании разной интенсивности. Кроме этого модель может быть применена для изучения процессов накопления и разложения мертвого органического вещества (детрита) в лесных экосистемах.

Модель

Введем обозначения:

λ - количество солнечной энергии, поглощаемой древостоем в единицу времени на единицу площади, ккал/год*га;

β - количество энергии расходуемой на обеспечение текущей жизнедеятельности (дыхание) единицы запаса древостоя в единицу времени, ккал/м³*год;

γ - количество энергии, необходимое для создания новой единицы запаса древостоя, ккал/м³;

x - запас древостоя на единице площади, м³/га;

t - время (возраст), годы.

В этих обозначениях баланс поглощения и расходования энергии на создание запаса и его дыхание имеет следующий вид и представляет собой дифференциальное уравнение энергетической модели роста:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\lambda - \beta x}{\gamma} \quad (1)$$

Если обозначить $\frac{\lambda}{\gamma} = a$, $\frac{\beta}{\gamma} = b$, то уравнение можно представить в следующем широко распространенном эквивалентном виде:

$$\frac{dx}{dt} = a - bx \quad (2)$$

Если, далее положить $\frac{a}{b} = \frac{\lambda}{\beta} = K$, то уравнение примет вид:

$$\frac{dx}{dt} = b(K - x) \quad (3)$$

Смысл параметров последнего уравнения следующий: K имеет размерность м³/га и представляет собой максимально возможный запас, который может существовать на использовании потока энергии величиной λ , в том случае когда рост прекратился и вся энергия тратится на поддержание накопленного запаса, b – имеет размерность 1/год и представляет собой относительную скорость роста запаса древостоя.

Уравнение (3) с разделяющимися переменными легко интегрируется методом замены переменной, в результате получается кривая хода роста запаса древостоя:

$$x = K - (K - x_0)e^{-b(t-t_0)} \quad (4)$$

где x_0 – запас древостоя в начальный момент времени t_0 .

В том случае, если $x_0 \ll K$ последнее уравнение можно представить в виде:

$$x = K(1 - e^{-b(t-t_0)}) \quad (5)$$

Определим состояние равновесия энергетической модели роста и изучим его устойчивость. Состояние равновесия x^* легко определяется из уравнения (3):

$$\frac{dx^*}{dt} = b(K - x^*) = f(x^*) = 0 \quad (6)$$

откуда следует, что $x^* = K$. Устойчивость состояния равновесия легко устанавливается.

Таким образом, энергетическая модель роста запаса древостоев имеет устойчивое состояние равновесия - K , представляющее собой максимально возможный запас, отклонения от которого ликвидируются с относительной скоростью b . Такое равновесное состояние с экологической точки зрения представляет собой климакс (выработавшееся состояние по В.Н.Сукачеву), приближение к которому и колебания вокруг которого вследствие разного рода возмущений хорошо описывается энергетической моделью роста, что определяет ее достаточно широкое применение для моделирования ростовых процессов.

Однако эта модель имеет ограничение, заключающееся в том, что она хорошо описывает ход роста запаса древостоев только после смыкания крон деревьев. Это объясняется тем, что в модели величина λ - количество солнечной энергии, поглощаемой древостоем в единицу времени на единицу площади считается постоянной величиной, что на самом деле соответствует действительности только после смыкания крон деревьев. До этого момента времени λ существенно возрастает, делая модель не адекватной описываемому процессу.

В целом энергетическая модель хода роста запаса древостоев относится к числу наиболее содержательных и удачных.

Анализ потоков энергии в древостоях.

Используем для анализа потоков энергии в древостоях таблицы хода роста нормальных (полных) древостоев основных лесообразующих пород [4, 8].

Величину энергии, необходимой для образования единицы запаса (γ) определим на основе данных о базисной плотности рассматриваемых пород и содержании энергии в абсолютно сухом растительном веществе - 4500 ккал/кг абсолютно сухого веса [5, 6]. В результате получим следующие результаты в Мкал/м³: сосна - 1800, ель - 1665, береза - 2250, осина - 1755.

Параметры энергетической модели ($b = \beta/\gamma$ и $K = \lambda/\beta$), рассчитанные по данным таблиц хода роста с высокими коэффициентами детерминации имеют следующие значения для b , размерность которого 1/год: сосна - 0.0097, ель - 0.0092, береза - 0.011, осина - 0.0093 и при округлении до сотых равны 0.01 для всех пород. Параметр K , имеющий размерность м³/га, равен для сосны - 772, ели - 861, березы - 592, осины - 727.

Если известны b , γ и K , то легко определяются все остальные неизвестные параметры модели - β и λ . Параметр β , имеющий размерность, Мкал/м³*год и характеризующий затраты на дыхание для сосны равен 17.45, ели - 15.25, березы - 24.73, осины - 16.24. Параметр λ , имеющий размерность Мкал/га*год и равный количеству поглощенной насаждений энергии равен для сосны 13466.2, ели - 13127.2, березы - 14642.7, осины - 11808.3

Результаты проведенных расчетов, во-первых, показывают, что энергетическая модель точно описывает процесс хода роста основных лесообразующих пород. Во-вторых, коэффициенты b оказываются почти равными у всех пород, если их округлить до сотых долей, то разницы не будет никакой. В третьих, по метео-климатическим данным количество солнечной энергии поступающей к поверхности Земли в умеренной зоне, для которой построены таблицы хода роста, и могущей быть использованной для фотосинтеза составляет 13860 Мкал/га*год, что почти совпадает с приведенными выше значениями λ поглощения энергии насаждениями: сосна - 97.2%, ель - 94.7%, береза - 105.6%, осина - 85.2%.

Полученные закономерности позволяют восстанавливать ход роста нормальных (полных) древостоев основных лесообразующих пород по известным данным о энергосодержании биомассы - γ Мкал/м³, доступному для фотосинтеза потоку солнечной энергии - λ Мкал/га*год, и универсальному для всех пород параметру $b = 0.01$ 1/год. Недостающий параметр K легко рассчитывается по следующей формуле: $K = \lambda/(\gamma*b)$. Результаты его расчетов оказываются близкими к показателю общей продуктивности соответствующих насаждений в максимальном возрасте, приведенных в таблицах хода роста: сосна - 770 м³/га (98.9%), ель - 832 м³/га (91.8%), береза - 616 м³/га (112.0%), осина - 790 м³/га (109.9%). Поэтому, ход роста нормальных (полных) древостоев, рассчитанный по модели восстанавливается достаточно точно, причем величины, полученные из расчетов и теоретически

обоснованные, являются более значимыми, чем эмпирические данные таблиц хода роста.

Анализ хода роста древостоев при наличии разреживаний.

При проведении многих лесохозяйственных мероприятий, связанных с уходом за лесом и использованием древесины предполагается его разреживание с изъятием части запаса растущего древостоя. В связи с этим возникает ряд вопросов о влиянии разреживаний на общую продуктивность древостоя.

Рассмотрим случай нескольких приемов промежуточного пользования. Предположим, что между приемами проходит один и тот же промежуток времени Δt , например, 20 лет. Уравнение хода роста энергетической модели для последующего анализа удобно представить в следующей линейной рекуррентной форме:

$$x(t_1) = A * x(t_0) + B,$$

где $A = e^{-b*\Delta t}$, $B = K * (1 - A)$, тогда запас древостоя в различные моменты времени при наличии разреживаний интенсивностью q_1, q_2, q_3 можно представить в следующем виде:

$$x(t_2) = A * [x(t_1) - q_1] + B$$

$$x(t_3) = A * [x(t_2) - q_2] + B$$

$$x(t_4) = A * [x(t_3) - q_3] + B$$

Методом подстановки, на основе рекуррентных соотношений указанного выше вида, определяем величину $x(t_4)$ – запас к возрасту главной рубки не разреженного древостоя и $x_q(t_4)$ – разреженного и находим их разницу $\Delta x(t_4)$:

$$\Delta x(t_4) = x(t_4) - x_q(t_4) = A^3 * q_1 + A^2 * q_2 + A * q_3 > 0.$$

Таким образом, в случае нескольких разреживаний, учитывая обозначение для параметра A – разреженный древостой к возрасту главной рубки имеет меньший запас, чем не разреженный на указанную величину $\Delta x(t_4)$. Параметр $A < 1$ для основных лесобразующих пород имеет величину $\approx 0,9$ поэтому наибольшее влияние на уменьшение запаса к возрасту главной рубки имеет последнее по времени разреживание.

Увеличение суммарного размера пользования Δq в этом случае равно:

$$\Delta q = x_q(t_4) + q_1 + q_2 + q_3 - x(t_4) = (1 - A^3) * q_1 + (1 - A^2) * q_2 + (1 - A) * q_3.$$

Существует распространенное ошибочное мнение о том, что суммарный размер промежуточного и главного пользования больше величины главного пользования при отсутствии уходов точно на величину промежуточного пользования, что на самом деле не так, потому, что разреженный древостой отстает в росте от не разреженного. Такая точка зрения приведена, например, в учебном пособии группы авторов, подготовленном в рамках программы WWF по устойчивому лесопользованию [3].

На самом деле дополнительный объем древесины от рубок ухода будет меньше на величину отставания в росте разреженного древостоя. Этот факт правильно отражен в учебном пособии, подготовленном группой финских и российских авторов [2].

Полученные результаты не ставят под сомнение саму необходимость и целесообразность проведения коммерческих рубок ухода, однако их результаты должны иметь, прежде всего, качественный характер, проявляющийся в выращивании к возрасту главной рубки древостоев с высоким средним диаметром, с совершенной формой стволов, с высоким выходом деловой древесины ценных сортиментов, так как увеличение общего размера пользования по запасу не будет очень значительным.

Литература

1. Алексеев А.С. Энергетическая модель хода роста запаса древостоев и ее применение для решения задач устойчивого управления лесами // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Выпуск 202. Санкт-Петербург. 2013. С.64-73.
2. Ананьев В.А., Асикайнен А., Вяльккю Э., Герасимов Ю.Ю., Демин К.К., Сиканен Л., Сюнев В.С., Тюкина О.Н., Хлюстов В.К., Ширнин Ю.А. Промежуточное пользование лесом на Северо-западе России: учебное пособие / Йоэнсуу: НИИ леса Финляндии. 2005. 150 с.
3. Карпачевский М.Л., Тепляков В.К., Яницкая Т.О., Ярошенко А.Ю. Основы устойчивого лесопользования: учебное пособие для ВУЗов / Всемирный фонд дикой природы (WWF). Москва, 2009, 143 с. (рис.1.10, стр.33).
4. Лесотаксационный справочник по Северо-Западу СССР. Л.:ЛТА.1984. 320 с.
5. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир. 1975. 740 с.

6. Одум Ю. Экология. В 2-х томах, М.: Мир. 1986. 1 т - 328 с., 2 т-376 с.
7. Соловьев В.А. Популяция и биоценоз. Л.: Изд-во ЛТА. 1985. 92 с.
8. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород Северной Евразии. Москва.2006. 804 с.
9. Хильми Г.Ф. Основы физики биосферы. Ленинград. Гидрометеиздат. 1966. 300 с.
10. Хильми Г.Ф. Теоретическая биогеофизика леса. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 205 с.

РОЛЬ ДИСТАНЦИОННЫХ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ, ОЦЕНКИ ЭКОСИСТЕМНЫХ ФУНКЦИЙ И УСЛУГ ЛЕСОВ

Ершов Д.В.¹, Лукина Н.В.¹, Барталев С.А.², Лупян Е.А.²
¹ЦЭПЛ РАН, г. Москва; ²ИКИ РАН, г. Москва
ershov@ifi.rssi.ru

Современные методы изучения биологического разнообразия лесных и других наземных экосистем не могут обходиться без использования данных дистанционного зондирования Земли из космоса (ДЗЗ). Использование спутниковых данных позволяет оценивать информативные индикаторы биоразнообразия, которым уделено большое внимание в документах Конвенции о биологическом разнообразии: в Стратегическом плане по биоразнообразию 2011-2020 гг. (CBD COP 10: <http://www.cbd.int/cop10>) и документах Партнерства по индикаторам биоразнообразия (National indicators..., 2011; BIP, <http://www.bipindicators.net>), а также в материалах Монреальского процесса по бореальным и умеренным лесам (Criteria and indicators..., 2009) и Министерской конференции по защите лесов Европы (Леса Европы, MCPFE, State of Europe's Forests..., 2011). В этих документах подчеркивается настоятельная необходимость в постоянном обновлении данных по биоразнообразию. Оценка биоразнообразия и экосистемных функций и услуг должна проводиться с учетом пространственных уровней и временной динамики. Этим требованиям отвечают современные возможности ДЗЗ и технологии их обработки.

На наш взгляд, данные дистанционного зондирования необходимы в первую очередь для получения базовых качественных и количественных характеристик лесов и других экосистем с целью их последующего пространственного анализа средствами ГИС-технологий в комплексе с другими типами данных, включая и материалы наземного обследования. Такими характеристиками являются площадь лесов и других типов растительного покрова; лесистость территории; соотношение хвойных и лиственных пород в составе древостоя; сомкнутость древесного полога; площадь нарушенных лесов; площадь погибших лесов; площадь возобновивших лесом территорий; удельный запас стволовой древесины по хвойным и лиственным группам пород; площадь молодых, взрослых и старых древостоев.

Благодаря многолетнему накопленному архиву спутниковых данных среднего и высокого пространственного разрешения эти характеристики могут оцениваться с интервалом не реже 3-5 лет, а по возможности ежегодно для последующего анализа их динамики и выявления негативных или позитивных трендов в состоянии лесных и других экосистем. Кроме предложенных характеристик, спутниковые изображения необходимы для формирования пространственного слоя однородных в спектральном отношении контуров земной поверхности для экстраполяции тех характеристик, которые не могут напрямую измеряться с помощью данных ДЗЗ. Таким образом, получаемый набор данных является входными продуктами для пространственного анализа их с другой информацией для установления взаимосвязей с индикаторами биологического разнообразия лесов, их экосистемных функций и услуг.

В докладе приведена схема организации информационной системы дистанционного мониторинга биологического разнообразия лесов, экосистемных функций и услуг. Изложены методы и результаты тематической обработки спутниковых данных, позволяющие оценить основные характеристики лесов на национальном и региональном уровнях. В первую очередь это карты растительности наземных экосистем и преобладающих пород, соотношение хвойных и лиственных пород в составе насаждения, сомкнутость древесного полога, запас стволовой древесины, участки поврежденные пожарами и другими факторами негативного воздействия на леса, участки лесовосстановительных процессов на вырубках в европейской части России и крупных регионов Сибири. На основе этих данных создаются тематические продукты – индикаторы биоразнообразия для оценки экосистемных функций и услуг. Примером такого продукта является серия карт и характеристик размеров выбросов углерода и других парниковых газов за период с 2006 по 2013 годы.

Литература

1. Convention of Biological Diversity. COP 10: [Электронный ресурс] URL: <http://www.cbd.int/cop10>

MEA 2005 - Millennium Ecosystem Assessment - Sub-global assessments. 2005. In UNEP/GRID-Arendal Maps and Graphics Library. Retrieved 13:50, July 8, 2010. [Электронный ресурс] URL: <http://maps.grida.no/go/graphic/millennium-ecosystem-assessment-sub-global-assessments>

2. National indicators, monitoring and reporting for the Strategic Plan for biodiversity 2011-2020. A review of experience and recommendations in support of the CBD Ad Hoc Technical Expert Group (AHTEG) on indicators for the Strategic Plan 2011-2020. 2011. [Электронный ресурс] URL: <http://www.bipindicators.net/news/nationalindicatorsreport>

БАЛАНС УГЛЕРОДА ЛЕСОВ РОССИИ: РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ И ПРОГНОЗНЫЕ ОЦЕНКИ

Замолодчиков Д.Г.

МГУ имени М.В. Ломоносова, биологический факультет, г. Москва

dzamolod@mail.ru

Антропогенные эмиссии парниковых газов, связанные со сжиганием ископаемого топлива, сельскохозяйственным производством и изменением землепользования, являются главной причиной современного потепления климата. Рамочная конвенция ООН об изменении климата (РКИК ООН) определяет контроль и ограничение антропогенных эмиссий парниковых газов как средства противодействия потеплению. Использование формирующегося при лесопроизводстве поглотительного потенциала лесов в целях выполнения национальных обязательств по РКИК ООН и первому периоду действия Киотского протокола было официально подтверждено Российской Федерацией. В настоящее время продолжается переговорный процесс по выработке нового глобального климатического соглашения на период после 2020 г. С большой долей вероятности можно ожидать, что новое соглашение будет предусматривать более жесткие ограничения на выбросы парниковых газов в развитых странах. Таким образом, значение управления лесами, как инструмента выполнения будущих национальных обязательств по снижению выбросов парниковых газов, может значительно усилиться. Цели доклада состоят в ретроспективном рассмотрении динамики углеродного баланса в лесах Российской Федерации, характеристике ключевых факторов этой динамики и представлении прогноза баланса углерода с учетом потенциального изменения ключевых факторов.

Ретроспективная оценка осуществлена при помощи системы региональной оценки углеродного бюджета лесов (РОБУЛ), созданной в Центре по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН (ЦЭПЛ РАН) [1-3]. В течение ряда лет РОБУЛ используется в Национальном кадастре парниковых газов для формирования отчетности по сектору лесного хозяйства. Национальная отчетность по стокам и эмиссиям парниковых газов подвергается регулярным и тщательным проверкам экспертами РКИК ООН, результаты которых подтверждают, что РОБУЛ соответствует рекомендациям, изложенным в руководстве Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК). Программное обеспечение РОБУЛ, выполненное в виде таблиц Microsoft Excel, помещено в открытом доступе на веб-сайте Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН. Любой заинтересованный специалист, обладающий информацией Государственного лесного реестра, с помощью программного обеспечения РОБУЛ сможет осуществить оценку углеродного бюджета лесов в конкретном лесном регионе (лесничестве, области и т. д.). Результаты этой оценки будут совместимы с информацией Национального кадастра парниковых газов.

Для построения прогноза углеродного баланса лесов России использована модель СВМ-CFS3. Разработка этой модели стартовала при поддержке Лесной службы Канады в начале 1990-х годов [5]. Для получения работающей версии модели понадобилось более 10 лет интенсивной деятельности, связанной как с теоретическими решениями проблем моделирования, так и созданием пользовательского интерфейса [4]. Модель была использована для оценки и прогноза углеродного бюджета лесов Канады в целом [6] и отдельных провинций, а также Италии [7]. Полученные с помощью модели оценки используются для формирования канадской отчетности по РКИК ООН и принятия решений по управлению балансом углерода в национальных лесах.

Согласно РОБУЛ, сток углерода в леса России в среднем за 1988-2010 гг. составлял 205 Мт С / год при наличии тенденции к росту от 50-100 Мт С/год в конце 1980-х годов до 200-300 Мт С /год в 2000-е годы. Направленный тренд и вариации баланса углерода определяются динамикой ключевых нарушений в лесах России, а именно, масштабами лесозаготовок и лесных пожаров. В конце 1980-х годов ежегодная площадь сплошных рубок составляла около 2.0 млн. га. Социально-экономические реформы начала 1990-х годов привели к резкому снижению площадей рубок вплоть до минимума 0.5 млн. га в 1998 г. Это снижение явилось главной причиной повышения стока углерода в леса России примерно на 150 Мт С / год за 1990-е годы. Согласно данным системы дистанционного мониторинга лесных пожаров (ИСДМ «Рослесхоз»), ежегодная площадь лесных пожаров в 2002-2010 гг. варьировала от 1.3 (2005 г.) до 11.4

(2003 г.) млн. га в год. Лесные пожары явились причиной вариаций стока углерода от 53 (2003 г.) до 305 (2005 г.) Мт С / год.

Годовой объем лесозаготовок является фактором, вызвавшим направленные изменения стока углерода в леса России. При прогнозной оценке углеродного баланса внимание было сфокусировано на этом факторе. Были разработаны 4 сценария изменения лесопользования. Сценарий 1 («без изменений») предусматривает сохранение средних объемов лесозаготовок за 1999-2008 гг. Остальные сценарии предусматривают различные темпы роста заготовок древесины вплоть до уровня расчетной лесосеки.

При прогнозе по сценарию 1 сток углерода в леса России убывает от современных 250-270 Мт С / год (что близко к приведенным выше оценкам РОБУЛ) до 100 Мт С / год к 2050 г. Этот результат свидетельствует, что ныне начинается адаптация лесов России к пониженному уровню лесозаготовок, формируется новая возрастная структура лесов с увеличенной долей старовозрастных насаждений. Все это постепенно приводит к снижению поглощения углерода лесами и приближению к состоянию нулевого баланса. Стимулирующий по отношению к стоку углерода эффект снижения лесозаготовок 1990-х годов иссякает, и к 2050 г. поглощение углерода лесами России приблизится к тем же величинам, которые были в конце 1980-х годов. Сценарии, предусматривающие усиление лесопользования, ускоряют снижение стока углерода в леса России вплоть до их конверсии в источник углерода для атмосферы.

На первый взгляд, прогнозные результаты имеют пессимистический характер с точки зрения использования лесного хозяйства в целях поглощения атмосферного углерода. Даже при сохранении низкого уровня лесопользования сток углерода в леса России будет уменьшаться, в то время как увеличение лесозаготовок неизбежно приведет к ускорению сокращения стока. Потому задача поддержания величин стока углерода в леса России требует осуществления целенаправленных крупномасштабных лесохозяйственных мер, обеспеченных международным либо внутренним финансированием. Наиболее перспективной формой деятельности по поддержанию стока углерода в леса России следует признать активизацию профилактики и борьбы с лесными пожарами, в первую очередь в южных регионах Сибири и Дальнего Востока.

Литература

1. *Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Коровин Г.Н., Гитарский М.Л., Блинов В.Г., Дмитриев В.В., Курц В.А.* Бюджет углерода управляемых лесов Российской Федерации в 1990-2050 гг.: ретроспективная оценка и прогноз // *Метеорология и гидрология*. 2013. № 10. С. 73-92.
2. *Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Краев Г.Н.* Динамика бюджета углерода лесов России за два последних десятилетия // *Лесоведение*. 2011. № 6. С. 16-28.
3. *Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Шуляк П.П., Честных О.В.* Влияние пожаров и заготовок древесины на углеродный баланс лесов России // *Лесоведение*. 2013. № 5. С. 36-49.
4. *Kull S., Rampley G., Morken S., Metsaranta E.T., Neilson W.A., Kurz W.A.* Operational-Scale Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector (CBM-CFS3). Version 1.2: User's Guide. Edmonton: Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre, 2011. 344 p.
5. *Kurz W.A., Apps M.J.* Contribution of northern forests to the global carbon cycle: Canada as a case study // *Water, Air, and Soil Pollution*. 1993. V. 70. P. 163-176.
6. *Kurz W., Apps M.* A 70-year retrospective analysis of carbon fluxes in the Canadian forest sector // *Ecological Applications*. 1999. V.9. № 2. P. 526-547.
7. *Pilli R., Grassi G., Kurz W.A., Smyth C.E., Blujdea V.* Application of the CBM-CFS3 model to estimate Italy's forest carbon budget, 1995-2020 // *Ecological Modelling*. 2013. V. 266 P. 144-171.

О КОНЦЕПЦИИ ПРОГРАММЫ «ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РИСКИ ДЕГРАДАЦИИ ЛЕСОВ И ПУТИ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ»

Лукина Н.В., Исаев А.С.
ЦЭПЛ, г. Москва
nvl07@yandex.ru

Для предотвращения дальнейшей деградации лесов России необходима разработка соответствующих современным вызовам методов и технологий мониторинга, охраны, защиты, использования и воспроизводства лесов с сохранением их внутривидового (генетического), видового и экосистемного биоразнообразия и экосистемных функций. ЦЭПЛ РАН совместно с ИЛ КарНЦ РАН, ИЛ СО РАН, ИПЭЭ РАН, ИОГен РАН, ИБХ РАН, ИМКЭС СО РАН и другими институтами РАН, подведомственными ФАНО России, разработали концепцию программы «Экологические и социально-экономические риски деградации лесов и пути их предотвращения».

Решение о разработке данной Концепции было принято на совещании в ФАНО России, которое проводил Советник Руководителя ФАНО России Цыкалов А.Г. 31 июля 2014 года.

Цели программы:

- 1- дать объективную оценку масштабов, экологических и социально-экономических последствий деградации лесов России в условиях глобальных изменений;
- 2- разработать пути предотвращения экологических и социально-экономических угроз деградации лесов России.

Задачи программы:

- Разработка и применение методов и технологий мониторинга и оценки ресурсного потенциала и экологического состояния лесов на федеральном, региональном и локальном уровнях на основе наземных и спутниковых данных.
- Разработка и применение методов мониторинга и оценки биологического разнообразия и экосистемных функций и услуг на локальном, региональном и федеральном уровнях на основе наземных и спутниковых данных.
- Разработка и применение моделей краткосрочного, среднесрочного и долгосрочного прогнозирования динамики лесов в условиях комбинированного действия антропогенных и природных факторов, в том числе изменений климата, на разных пространственных уровнях с использованием спутниковых, геофизических, геохимических, геоботанических, зоологических, лесотаксационных, лесопатологических, почвенных и генетических данных.
- Разработка научных основ, современных методов и технологий защиты лесов от вспышек массового размножения насекомых и вредителей и неблагоприятных факторов среды.
- Разработка научных основ, современных методов и технологий профилактики и борьбы с лесными пожарами.
- Разработка научных основ, методов и технологий многоцелевого неистощительного лесопользования, воспроизводства и повышения продуктивности лесов различного целевого назначения на основе естественных процессов и интенсивных методов лесовыращивания.
- Разработка научных основ и методов сохранения, использования и воспроизводства лесных генетических ресурсов России
- Совершенствование лесного законодательства, разработка нормативной правовой базы для развития устойчивого управления лесами.
- Разработка экологических и социально-экономических основ устойчивого управления лесами на локальном, региональном и федеральном уровнях.
- Разработка образовательных программ и курсов, направленных на повышение качества лесного образования и повышение квалификации лесных специалистов.

Программа состоит из семи Подпрограмм:

1. Мониторинг и оценка ресурсного потенциала и экологического состояния лесов.
2. Мониторинг и оценка биологического разнообразия и экосистемных функций лесов.
3. Защита лесов от вредителей и болезней: научные основы, методы и технологии.
4. Современные методы и технологии профилактики лесных пожаров.
5. Воспроизводство и сохранение генетического адаптивного потенциала естественно воспроизводимых лесов на основе естественных процессов и повышение продуктивности лесов различного целевого назначения на основе интенсивных методов лесовыращивания.
6. Устойчивое управление лесами: совершенствование лесного законодательства, экологические и социально-экономические основы.
7. Образование и повышение уровня квалификации лесных специалистов и профориентация школьников.

Концепция в настоящее время дорабатывается с учетом поступающих предложений. Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (г. Томск) предлагает сформировать самостоятельную восьмую подпрограмму ««Исследование, сохранение, использование и воспроизводство лесных генетических ресурсов»».

ГИС-МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ЛЕСНОГО ПОКРОВА ЛАНДШАФТОВ РОССИИ

Рожков В.А.¹, Исаев А.С.², Швиденко А.З.³, Ефремов Д.Ф.⁴, Седых В.Н.⁵, Соколов В.А.⁵
¹Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва, ²ЦЭПЛ РАН, г. Москва, ³IASA, г. Вена, Австрия, ⁴ДальНИИЛХ, г. Владивосток, ⁵ИЛ СО РАН, г. Красноярск
rva39@mail.ru

На основе представлений о естественных и антропогенных сукцессиях лесов ландшафтов России экспертная модель позволяет на заданный срок прогнозировать структуры будущих насаждений и характера отдельных их компонентов.

Информационной основой модели служат цифровые карты ландшафтов, почв, растительности (масштаб 2.5 М), лесорастительное и природно-сельскохозяйственное районирование.

Реальная процедура моделирования показана на примере Сургутского района.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ЛЕСНОГО ПОКРОВА КАК ОСНОВА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ С ЭКОСИСТЕМНЫМИ ПОЗИЦИЯМИ

Смирнова О.В.
ЦЭПЛ РАН, г. Москва
ovsinfo@gmail.com

В живом покрове Земли природные леса определяли особенности климата, гидрологического режима, высокий уровень биологического разнообразия продуктивности. В настоящее время большая часть природных лесов заменена антропогенными производными, практически неспособными реализовать эти функции в достаточной мере для устойчивого существования Цивилизаций. Такое состояние лесов требует кардинальных изменений принципов и методов управления [1, 3, 9-12]. Основу для новых подходов к природопользованию в лесном поясе составляют теоретические разработки современной синэкологии. Во-первых, это представление о потенциальном покрове как эталонном объекте, в полной мере реализующем экосистемные функции в условиях современного климата. Во-вторых, это представления о комплексах ключевых видов (мощных средообразователей), формирующих гетерогенную, иерархически организованную структуру, определяющую возможность устойчивого существования лесных экосистем и их ландшафтных комплексов, формирующих потенциальный лесной покров [2,4-6].

Термин «потенциальный покров» предложен потому, что в современном лесном покрове отсутствуют экосистемы или их комплексы, в полной мере реализующие все свойства этого покрова. Однако в нем есть отдельные элементы потенциального покрова, детальные исследования которых и позволяют реконструировать его облик.

В лесном поясе Северной Евразии состав, структура и динамика потенциального лесного покрова поддерживалась тремя основными функциональными группами ключевых видов: бобрами, крупными стадными копытными (зубрами, турами, тарпанами и др.), видами темнохвойных и широколиственных деревьев. Устойчивое существование этих групп ключевых видов создавало условия для поддержания популяций множества экологически и биологически различных групп подчиненных видов: растений, животных, грибов, бактерий и пр.

Площадь элементарная единица потенциального лесного покрова - экосистемы составляла сотни км² и включала водораздельные и долинные ландшафты в пределах бассейна малой реки. Участки водораздельных лесов на этой территории чередовались с луговыми полянами и тропами, сформированными крупными стадными копытными; участки пойменных лесов чередовались с низинными болотами, лугами и прудами, сформированными бобрами. Одновременное присутствие, прямые и косвенные взаимодействия ключевых видов трех функциональных групп обеспечивало полную реализацию экосистемных функций [8].

Использование представлений о потенциальном лесном покрове и о ключевых видах позволяло предложить сценарий реконструкции живого покрова Северной Евразии на конец плейстоцена. В это время средообразующая деятельность наиболее мощных ключевых видов определяла макро- и мегамасштабную гетерогенность среды и нивелировала климатическую гетерогенность в пределах огромной территории. Она также определяла возможность одновременного устойчивого сосуществования видов разной экологии, формируя и поддерживая смешанный характер флоры и фауны.

Современная зональность отсутствовала практически на всей территории Северной Евразии, вместо этого в пределах бассейнов малых и средних рек существовали мезокомплексы из лесных,

болотных, луговых и прочих сообществ, что не исключала изменения видового состава функциональных этих сообществ в широтном и меридиональном направлении.

С конца плейстоцена (поздний или финальный палеолит) и до современности включительно все преобразования живого покрова зависели, в первую очередь, от антропогенных воздействий. Анализ изменений плейстоценового комплекса ключевых видов в течение голоцена позволяет выделить следующие этапы антропогенных воздействий:

1 этап - ранний голоцен (мезолит): уничтожение ключевых видов - гигантов мамонтового комплекса. Результатом истребления этих видов (мамонт, шерстистый носорог, бизон и др.), имеющих голарктический ареал, было уменьшение доли открытых и полукрытых ландшафтов и увеличение лесистости Северной Евразии; усиление позиций ключевых видов деревьев (С, ST стратеги) по сравнению с пионерными (R - стратеги) видами, ослабление смешанного характера флоры и фауны. Это изменения имели глобальный характер и положили начало формирования современной зональности Северной Евразии.

2 этап - средний голоцен (неолит и бронза): постепенное уничтожение ключевых видов - крупных представителей мамонтового комплекса (зубр, тур, тарпан и др.) и замена их домашними животными (лошадь, крупный и мелкий рогатый скот). Результатом развития, в первую очередь, животноводства было формирование степей современного облика на месте лесостепных и лесолуговых ландшафтов, усиление аридизации климата и обеднение смешанного характера флоры и фауны. Эти изменения происходили на всей территории Северной Евразии и оказали существенное влияние на изменения мезо- и макроклимата.

3 этап - поздний голоцен (эпоха железа): изменение ареалов темнохвойных и широколиственных видов деревьев и их комплексов; постепенное уничтожение ключевого вида долинных ландшафтов - бобра. Результатом развития производящего хозяйства было:

- (1) оформление пустынь и полупустынь и увеличение площади степей в результате дальнейшего развития скотоводства и орошаемого земледелия;
- (2) формирование зоны тундр вследствие замены диких копытных одомашненным северным оленем и расчленения смешанных лесов на широколиственные и хвойные в результате систем земледелия;
- (3) выжигание лесов в цикле подсечно-огневого земледелия;
- (4) замена поздне-сукцессионных видов деревьев раннесукцессионными;
- (5) ориентация лесопользования на монокультуры.

Существенные преобразования растительного и почвенного покрова, появление антропогенно обусловленных открытых пространств привело к усилению климатической дифференциации в широтном и меридиональном направлениях.

4 этап - современность (последние столетия): практически полная замена регуляторных функций ключевых видов животных и, в значительной степени, растений антропогенными воздействиями на живой покров. Развитие индустриального хозяйства привело к: изменениям климата и гидрологического режима; окончательному оформлению антропогенной зональности; полной потере смешанного характера флоры и фауны и вычленению экосистем (пойменные и суходольные луга и луговые степи, леса с господством R-стратегов и пр.), не способных устойчиво поддерживать имеющийся уровень видового разнообразия без постоянных антропогенных воздействий. Эти преобразования в значительной степени уменьшили влияние живого покрова на климат, поэтому его контрастность усилилась [2,5].

Современное состояние лесного покрова определяет необходимость создания взаимосогласованных программ природопользования и охраны (включая выделение заповедных территорий) на разных уровнях его организации с целью максимально возможного (при современном уровне трансформации среды) восстановления потенциального состояния [11-13].

В результате анализа современных экологических представлений о возможностях реализации компромиссных подходов к охране и природопользованию необходимо обратить внимание на следующие принципиальные моменты:

- ориентация в разработке систем природопользования на потенциальные возможности территорий, включая оптимальный гидрологический режим и максимальное биологическое разнообразие;
- планирование членения территории на локальном, региональном и континентальном уровнях в соответствии с уровнем сохранения биоразнообразия;
- выделение в качестве заповедных только тех территорий, где в спонтанном режиме поддерживается или может восстановиться потенциальный покров;
- разделение существующих ОПТ на группы: (1) способных к устойчивому поддержанию биоразнообразия в связи с сохранившимся комплексом природных ключевых видов и (2) поддерживаемых только антропогенным путем (например, лесные и луговые экосистемы гумидной зоны Русской равнины);

организация природопользования с учетом сохранения максимально возможного природного биоразнообразия (замена монокультур в лесоводстве и сельском хозяйстве поликультурами, культивирование природных видов, представленных местными популяциями);
определение размеров хозяйственных секций на основе учета дальности естественных миграций природных видов (радиус распространения зачатков природной флоры и дальности расселения животных);
размещение хозяйственных секций в пределах природных угодий (лесов, луговых, степных, пустынных и тундровых пастбищ) имитирующее природную мозаичность;
организация резерватов природных видов на местах крупных разрывов ареалов ключевых видов вследствие антропогенных преобразований биот (лесные резерваты с восстановлением природного разнообразия, восстановления участков степной и луговой растительности);
организация популяционного мониторинга ключевых видов в каждом регионе.

Литература

1. Бобровский М.В. Лесные почвы европейской России: биотические и антропогенные факторы формирования. М.: КМК 2010. 359 с.
2. Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. /Отв. ред. О.В.Смирнова. М.: Наука. 2004. Кн.1, 479 с. Кн. 2. 575 с.
3. Горшков В.Г., Макарьева А.М., Лосев К.С. Планетарный парниковый эффект и биотическая устойчивость климата Земли // Известия РАН. Секция наук о Земле, 2001. №7. С. 62-74.
4. Методические подходы к экологической оценке лесного покрова бассейна малой реки. Отв. ред. Л.Б.Заугольнова, Т.Ю.Браславская М.: КМК 2010. 383 с.
5. Мониторинг биоразнообразия лесов: методология и методы. /Отв. ред. А.С.Исаев. М.: Наука. 2008. 453 с.
6. Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России (под ред. Л.Б. Заугольновой). М.: Научный мир, 2000. 185 с.
7. Павлов Д.С., Букварева Е.Н. Климаторегулирующие функции наземных экосистем и экологическая концепция природопользования // Успехи современной биологии. 2011. Т. 131. № 4. С. 324–345.
8. Смирнова О.В. Популяционная организация биоценологического покрова лесных ландшафтов // Успехи совр. биологии. 1998. № 2. С. 25-39.
9. Gamfeldt L., Hillebrand H., Jonsson P. R.. Multiple functions increase the importance of biodiversity for overall ecosystem functioning. Ecology, 2008. 89(5): 1223–1231.
10. Hector, A., Bagchi R. Biodiversity and ecosystem multifunctionality. Nature, 2007. 448: 188-190.
11. Hooper D.U., Chapin F.S., Ewel J.J., Hector A., Inchausti P., Lavorel S., Lawton J.H., Lodge D.M., Loreau M., Naeem S., Schmid B., Setälä H., Symstad A.J., Vandermeer J., Wardlaw D.A. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge // Ecol. Monogr. 2005. Т. 75. № 1. С. 3–35.
12. Schwartz M.W., Brigham C.A., J.D., Lyons K.G., Mills M.H., Mantgem P.J. Linking biodiversity to ecosystem function: implications for conservation ecology. Oecologia, 2000. 122:297–305.
13. Taylor A.R., Chen H.Y. H., VanDamme L. A review of forest succession models and their suitability for forest management planning. Forest science, 2009. 55 (1): 23-36.

МАСКА ЛЕСОВ РОССИИ НА ОСНОВЕ СИНТЕЗА ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ, СТАТИСТИКИ И КРАУДСОРСИНГА

Щепаченко Д.Г.^{1,2}, Швиденко А.З.¹; Щепаченко М.В.³

¹IIASA, г. Вена, Австрия; ²МГУЛ, г. Мытищи ³ВИПКЛХ, г. Пушкино
schepd@gmail.com

По официальным данным, около 50% российских лесов были учтены более 25 лет назад [1]. Существует необходимость оперативной оценки состояния и динамики лесного покрова. Целый ряд глобальных и региональных карт лесов был опубликован в последние годы. Они созданы на основе различных инструментов дистанционного зондирования и их комбинации с наземными измерениями. Однако, при сравнении, эти карты отличаются друг от друга и каждая, в свою очередь, от агрегированных данных государственного лесного реестра. Мы продемонстрировали, что можно создать новую гибридную маску лесов из имеющихся карт. При этом новая карта будет лучше отражать действительность, чем любой из исходных продуктов. Мы применили метод географически взвешенной регрессии (ГВР) чтобы интегрировать 8 различных карт в одну гибридную. Среди исходных карт были карта лесов ФАО 2010, разрешением в 250 м [12]; карта наземных экосистем

Северной Евразии – GLC-2000, 1 км [3]; глобальные карты земельного покрова GlobCover 2009, 300 м [4] и MODIS 2010, 500 м [6]; карта сомкнутости древесного полога MODIS VCF 2010, 250 м [5]; карта лесов на основе Landsat 2010, 30 м [8]; карты, созданные на основе радарных инструментов: маска лесов Palsar 2010, 50 м [11] и запас лесов GSV 2010, 1 км [9]. Все карты были приведены к одному разрешению (230 м) и конвертированы в вероятность присутствия леса в данном пикселе. Большинство исходных карт датировано 2010 годом. Единственным существенным отклонением от этого правила был GLC-2000, однако этот продукт по-прежнему остаётся одним из лучших для страны и позволяет надёжно идентифицировать стабильные участки леса. GBP представляет собой статистический метод [3, 10], который оценивает насколько хорошо та или иная исходная карта соответствует тренировочному набору данных. Таким образом, каждая исходная карта получает свой «вес», и этот вес пространственно изменяется. Соответственно, появляется возможность вычислить вероятность существования леса в той или иной точке пространства. Тренировочный и проверочный наборы данных являются ключевыми для этого метода. Мы собрали их путём визуальной классификации изображений высокого разрешения Google Earth в системе Geo-Wiki [7]. Всего было классифицировано 6000 пикселей размером 230 м, из которых 5300 было впоследствии использовано для тренировки алгоритма и 700 – для проверки результата. В каждом из этих пикселей оценивали процент покрытия лесом. При сборе данных старались случайным образом распределить точки по территории страны, хотя отсутствие снимков высокого разрешения для некоторых удалённых регионов наложило свой отпечаток. Проверочный набор данных отбирали регулярно-случайным образом. Территория страны была разделена сеткой 2x2 градуса. Для каждой ячейки отбирали один, ближайший к центру пиксел. Всего площадь лесов России (лес по российскому национальному определению, без кустарников, учитываемых действующими лесочетными документами как покрытые лесом земли) на 2010 год оценена в 711.3 млн га или на 27.6 млн га (-4%) меньше, чем данные государственного лесного реестра. В то время как в Европейской части России наблюдается превышение количества лесов по сравнению со статистикой на 12.2 млн га (+8%) леса, в Азиатской нехватка особенно велика - 39.8 млн га (-7%). Превышение площади лесов в Европейской части можно объяснить включением в учёт колхозных лесов и лесов прочих пользователей, лесов за пределами лесного фонда, городских насаждений, зарастанием заброшенных пахотных земель. Недостаток лесов в Азиатской части – главным образом потерями вследствие пожаров. Если учесть консервативную оценку площади лесов, возобновившихся на заброшенных сельскохозяйственных землях, а также площадь кустарников, учитываемых, как покрытые лесом земли, то приведенные выше оценки означают потери лесов на территории государственного лесного фонда за последние 10 лет около 45 млн. га. Один из наиболее амбициозных проектов по оценке потерь лесов, ставший доступным в последнее время [7], даёт сходные с нашими оценки по потерям лесов. Мы провели выборочную проверку продукта Hansen и др. [7] по потерям лесов на основе снимков высокого разрешения за период 2000-2010. Однозначно полные потери подтверждаются в 58% случаев, в ещё 7% случаев наблюдалось изреживание леса в результате каких-либо нарушений. Однозначно не подтверждаются потери леса только в 1%. Оставшиеся 34% приходятся на территории, не покрытые снимками высокого разрешения. Проверка показывает, что полученная гибридная маска (RMSE 16%) лучше отражает размещение лесов по сравнению с любой из исходных карт (RMSE 19-29%), вовлечённых в анализ. Полученную карту предполагается разместить в общем доступе на <http://russia.geo-wiki.org>. Данное исследование выполнено при частичной поддержке проектов 7 рамочной программы ЕС AGRICISTRAD (612755) и ZAPAS (263271), а также NEFCA – с Национальным институтом исследования окружающей среды, Япония.

Литература

1. Солонцов О.Н. Направления развития государственной инвентаризации лесов в России // Мат-лы II Междунар. конф. «Проблемы лесостроительства и государственной инвентаризации лесов в России». 8–10 декабря 2010 г., Вологда. <http://www.roslesinforg.ru/press/news/35>
2. Bartalev S.A., Belward A.S., Erchov D.V., Isaev A.S. A new SPOT4-VEGETATION derived land cover map of Northern Eurasia // International Journal of Remote Sensing. 2003. № 24. P. 1977–1982.
3. Brunsdon C., Fotheringham S., Charlton M. Geographically Weighted Regression-Modelling Spatial Non-Stationarity // Journal of the Royal Statistical Society. Series D (The Statistician). 1998. № 47(3). P. 431–443. doi:10.2307/2988625
4. Defourny P., Vancustem C., Bicheron P., Brockmann C., Nino F., Schouten L., Leroy M. GLOBCOVER: A 300m global land cover product for 2005 using ENVISAT MERIS time series // Proceedings of the ISPRS Commission VII Mid-Term Symposium: Remote Sensing: from Pixels to Processes. 2006. Enschede NL. <http://metalib-a.lib.ucl.ac.uk/V?func=find-ej-1>
5. DiMiceli C.M., Carroll M.L., Sohlberg R.A., Huang C., Hansen M.C., Townshend J.R.G. Annual Global Automated MODIS Vegetation Continuous Fields (MOD44B) at 250 m Spatial Resolution for Data Years

- Beginning Day 65, 2000 - 2010, Collection 5 Percent Tree Cover. University of Maryland. 2011. <http://glcf.umd.edu/data/vcf/>
6. Friedl M.A., Sulla-Menashe D., Tan B., Schneider A., Ramankutty N., Sibley A., Huang X. MODIS Collection 5 global land cover: Algorithm refinements and characterization of new datasets // *Remote Sensing of Environment*. 2010. № 114(1). P. 168–182. doi:10.1016/j.rse.2009.08.016
7. Fritz S., McCallum I., Schill C., Perger C., See L., Schepaschenko D., van der Velde M., Kraxner F., Obersteiner, M. Geo-Wiki: An online platform for improving global land cover // *Environmental Modelling & Software*. 2012. № 31. P. 110–123. doi:10.1016/j.envsoft.2011.11.015
8. Hansen M.C., Potapov P.V., Moore R., Hancher M., Turubanova S.A., Tyukavina A., Townshend J.R.G. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change // *Science*. 2013. № 342(6160). P. 850–853. doi:10.1126/science.1244693
9. Santoro M., Beaudoin A., Beer C., Cartus O., Fransson J.E.S., Hall R.J., Wegmüller U. Forest growing stock volume of the northern hemisphere: spatially explicit estimates for 2010 derived from Envisat ASAR data // *Remote Sensing of Environment*. 2014. Accepted.
10. See L., Schepaschenko D., Lesiv M., McCallum I., Fritz S., Comber A., Perger Ch., Schill Ch., Zhao Y., Maus V., Sirajh M.A., Albrecht F., Cipriani A., Vakolyuk M., Garcia A., Rabia A.H., Singha K., Marcarini A.A., Kattenborn T., Hazarika R., Schepaschenko M., van der Velde M., Kraxner F., Obersteiner M. Building a hybrid land cover map with crowdsourcing and geographically weighted regression // *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 2014. in press. doi:10.1016/j.isprsjprs.2014.06.016
11. Shimada, M., Isoguchi, O., Motooka, T., Shiraishi, T., Mukaida, A., Okumura, H., Otaki T., Itoh, T. Generation of 10m resolution PALSAR and JERS-SAR mosaic and forest/non-forest maps for forest carbon // *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2011 IEEE International*. P. 3510-3513. doi: 10.1109/IGARSS.2011.6049978
12. The world's forest 2010. FAO. 2012. <http://www.fao.org/forestry/fra/80298/en/>

**СЕКЦИЯ 1.
УСТОЙЧИВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЛЕСАМИ:
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ**

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ С УЧЕТОМ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ИМПЕРАТИВА**

Багинский В.Ф.¹, Катков Н.Н.², Лапицкая О.В.³

¹ГГУ имени Ф.Скорины, г. Гомель, Белоруссия; ²РДЛУП Гомельлеспроект, г. Гомель, Белоруссия;

³ГГТУ им. П.О. Сухого, г. Гомель, Белоруссия

Olapitskaya@mail.ru

В настоящее время возраст рубки в Беларуси установлен на основе количественных и технических спелостей различных древесных видов. В то же время ограничиваться только натуральными и экономическими показателями при установлении возраста рубки нельзя. Соблюдение условий устойчивого развития, к положениям которого присоединилась Республика Беларусь, требует учитывать экологический императив [3]. Экологические полезности имеют самостоятельную потребительную стоимость. Экологические функции леса многообразны, что вызывает затруднения при установлении экологической спелости. На основе анализа различных экологических функций мы пришли к выводу, что обобщающим фактором, который может быть использован при установлении экологической спелости, является величина депонированного углерода. Анализ экологических функций леса показал, что большинство из них носит локальный характер. Например, водоохранная функция леса «привязана» к конкретному водному бассейну. Почвозащитные и другие полезности леса тоже ограничиваются определенным районом. Глобальной функцией леса, имеющей планетарный характер и оказывающей существенное влияние на климат планеты, является депонирование диоксида углерода и связанное с ним выделение атомарного кислорода.

Проведенный нами корреляционный анализ показал, что теснота связи между величинами депонирования CO₂ с другими количественными признаками экологических полезностей, установленных нами [1], очень высока, колеблясь в пределах 0.94-0.99. Исключением является только использование лесов для целей рекреации, но и здесь коэффициент корреляции находится в пределах 0.70-0.75.

В результате проведенных исследований, в качестве интегрального показателя для определения экологической спелости приняли величину депонирования диоксида углерода. Такой подход существенно облегчает расчеты, т.к. величина связанного углекислого газа и выделенного кислорода имеет высокую корреляционную связь с приростом древостоя.

Таким образом, определение экологической спелости сводится к нахождению возраста достижения максимального среднего прироста для совокупности древостоев региона. Последний аспект имеет определяющее значение для вычисления возрастов экологической спелости. Экологическая спелость леса – это состояние насаждений, определяемое их возрастом, в котором достигается максимальная экологическая эффективность постоянного лесопользования. Этот показатель аккумулирует процесс воспроизводства запасов насаждения, обуславливая постоянство лесопользования на конкретной территории (не менее лесхоза) в аспекте «время – пространство». Рассматривая отдельные насаждения в дискретном состоянии, т.е. разрывая связь «пространство – время», мы приходим к оценке лишь отдельного древостоя. В этом случае максимум среднего прироста приводит нас к количественной спелости. Для удовлетворения сырьевых и экологических потребностей общества в лесных продуктах и полезностях леса необходимо одновременное использование всей территории лесного фонда в его пространственно-временной взаимосвязи. Именно поэтому отыскание максимальной величины среднего прироста необходимо выполнять не для отдельного древостоя, а для их совокупности в пределах хозяйственной единицы.

Известно, что точкой отсчета распределения древостоев по группам возраста является принятый возраст рубки. Изменение возрастов спелости и рубки приводит к новому распределению по группам возраста и влечет за собой различные площади отдельных групп возраста. При меньшем обороте рубки ежегодно вырубается площадь леса больше, чем при более высоком. Следствием этого является изменение величины совокупного среднего прироста на исследуемой территории.

Мы определили возраст экологической спелости в лесах Беларуси, используя метод имитационного моделирования. Для главных древесных пород Беларуси возрасты их экологической спелости в нормальных насаждениях составили для хвойных от 105 до 160 лет в зависимости от класса бонитета (105 лет – для 1^A, 160 – для V бонитета). Для дуба и других твердолиственных —

110-140 лет, ольхи черной 70-80 лет и т.д. Для модальных древостоев приведенные показатели ниже на 10-20 лет.

Экономическая спелость леса представляет собой возраст древостоев, когда наблюдается максимальная рентабельность лесовыращивания. Она рассчитывается методически относительно просто, хотя технически здесь необходимо выполнить значительную работу по определению себестоимости выращивания древостоев различных пород и классов бонитета. Вычислив экономическую и экологическую спелость древостоев основных древесных видов, можно найти эколого-экономическую спелость.

Эколого-экономическая спелость – то состояние насаждений, определяемое их возрастом, когда достигается оптимальное сочетание экономических интересов и экологических полезностей леса, т.е. достигается максимальная эколого-экономическая эффективность постоянного лесопользования. Поэтому именно эколого-экономическая спелость должна лежать в основе расчетов лесопользования с учетом его экологизации.

Расчет эколого-экономической спелости имеет свои особенности. Здесь нельзя обойтись максимизацией некоторого, даже весьма незначительного фактора, т.к. несколько их выступают в роли равноправных показателей. Поэтому необходимо применения метода индексов, чтобы сделать разнородные показатели сравнимыми [2].

Значения эколого-экономической спелости, рассчитанные нами, составили следующие величины: для нормальных древостоев хвойных – 110-140 лет, дуба – 110-150 лет, для ольхи черной – 65-70 лет в зависимости от класса бонитета. Для модальных древостоев эти величины ниже в среднем на класс возраста.

Анализ показывает, что между экономической и экологической спелостями различия небольшие, что говорит о том, что экономическая спелость несет в себе экологическую компоненту и наоборот.

Эколого-экономическая спелость, являясь тем возрастом, когда наблюдается оптимальное соотношение экономических и экологических целей при воспроизводстве леса. Она свидетельствует о том, что реальные возрасты рубки в хвойных древостоях во 2 группе лесов Беларуси ниже эколого-экономической спелости. Поэтому следует установить возраст рубки в лесах Беларуси хотя бы по верхнему уровню класса возраста современных спелых древостоев.

Нормальные насаждения являются тем идеалом, к которому должны стремиться лесоводы, как и к системе нормального леса. При достижении такого уровня ведения лесного хозяйства, когда в возрасте 61-120 лет будут преобладать древостои не с полнотой 0.5-0.6 как современные модальные, а с полнотой 0.8-0.9, то будет необходим переход к более высокому возрасту рубки на основе эколого-экономической спелости.

Таким образом, в Беларуси возрасты рубки остаются проблемным вопросом. Учитывая реальную возрастную структуру лесов страны, повышение возраста рубки без снижения объёмов лесопользования возможно лишь после 2030 года.

Литература

1. Багинский В.Ф., Неверов А.В., Лапицкая О.В. Спелость леса в системе устойчивого природопользования. // Труды Белорусского государственного технологического университета. Серия V11. Экономика и управление. – Минск: БГТУ. – 2002. - Вып. X. - С. 207–216.
2. Багинский В.Ф. Системный анализ в лесном хозяйстве. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины. – 2009. – 187с.
3. Шимова О.С. Эколого-экономические приоритеты устойчивого развития / О.С. Шимова // Европа – наш общий дом: Экологические аспекты. Тематические доклады международной научной конференции. – Минск: НАН Беларуси. – 2000. – ч.1. – С. 207-215.

ИНВАЗИЙНЫЕ ВРЕДИТЕЛИ И ПАТОГЕНЫ - НОВАЯ ПРОБЛЕМА В ЗАЩИТЕ ЛЕСА В XXI СТОЛЕТИИ

Баранчиков Ю.Н.
ИЛ СО РАН, г. Красноярск
baranchikov-yuri@yandex.ru

Появление в местной лесной биоте новых видов насекомых и патогенов – неперенный атрибут идущих процессов глобализации. Оказавшись в новом местообитании на часто неустойчивом к ним растении-хозяине, обычно полностью свободные от своих естественных врагов, виды-пришельцы имеют возможность резко повысить плотность популяций. Подавляющее большинство инвайдеров эту возможность не используют, но некоторым удается по-максимуму реализовать свой

потенциал. Ущерб от вспышек массового размножения этих видов часто превышает потери от местных видов вредителей.

Процесс инвазии состоит из трех этапов: прибытие (доставка вида в новое местообитание), натурализация (рост новой популяции до уровня плотности, исключающей вымирание) и распространение (расширение нового ареала). Прерывание процесса инвазии на двух первых этапах всегда дешевле и радикальней, чем попытки остановить распространение уже закрепившегося на новой территории адвентивного организма.

В настоящее время в лесах России свой ареал расширяют не менее двух десятков натурализовавшихся дендрофильных видов-пришельцев: насекомых и патогенов. На примере четырех из них – консортов ясеня и пихты – мы проследим пространственно-временную динамику проникновения инвайдеров на новые территории, опишем механизмы инвазии, оценим социальные, экологические и эволюционные последствия инвазий и продемонстрируем стандартные ошибки в принятии управленческих решений по контролю инвазийных организмов.

Исследования инвазивных консортов ясеня (ясеновой узкотелой златки *Agrilus planipennis* Fairmaire и фитопатогенного гриба *Hymenoscyphus pseudoalbidus* V. Queloz et al.) выполнялись при поддержке проекта FP7 ISEFOR и грантов РФФИ (10-04-00196а и 11-04-10108к), консортов пихты (уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandf. и офиостомового гриба *Grosmannia aoshimae* Masuya et Yamaoka) - поддерживаются в настоящее время грантами РФФИ 12-04-00801а и 14-04-01235а.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИОРИТЕТЫ В СТРАТЕГИИ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ЛАНДШАФТОВ ЗЕЙСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА В АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Борисова И.Г.¹, Раткевич И.А.²

¹АФ БСИ ДВО РАН, г. Благовещенск, ²ФГБОУ ВПО ДальГА, г. Благовещенск
borisovagis@mail.ru

В России прослеживается стремление лесохозяйственных и лесопромышленных предприятий войти в систему Международной лесной сертификации, которая предполагает в полной мере согласование интересов лесопользования и охраны ландшафтов. Одна из главных целей лесопользования соответствует принятой в России концепции перехода на модель устойчивого развития и предусматривает создание условий социально-экономического территориального развития при сохранении многообразия функциональных возможностей поддерживающих его экосистем. При такой цели лес должен рассматриваться, как многофункциональная система, способная к бесконечно длительному саморазвитию и обеспечивающая массу важных функций – охрану биологического разнообразия, водных ресурсов, поддержания здоровой среды обитания человека, ценнейших рекреационных и культурно-эстетических угодий. Выполнение поставленной цели в лесоустройстве возможно только при использовании ландшафтно-географических подходов, т.к. они учитывают рациональную пространственно-временную организацию лесопользования. Один из первых шагов в этом направлении был сделан в Зейском лесничестве на территории Амурской области. На региональном уровне был проведен ландшафтно-географический анализ на основе ландшафтной карты Амурской области (масштаб 1:500 000), составленной авторами работы. Она позволила провести районирование территории Зейского лесхоза по рекомендуемым стратегиям лесопользования и охраны ландшафтов и определить меру типичности/редкости ландшафтов в масштабе области.

Зейское лесничество расположено в западной части Амурской области на территории Зейского административного района. Протяжённость лесничества с северо-запада на юг – 300 км; с запада на восток – 120 км. Площадь лесничества составляет 22582.22 км². Территория Зейского лесничества относится к таёжной зоне Дальневосточного лесного района, где доминируют хвойные средне-сомкнутые древостои, преимущественно III-IV классов бонитета. Основной лесобразующей породой является лиственница Гмелина (*Larix gmelinii* Rupr.), в меньшей степени распространены леса из ели аянской (*Picea ajanensis* Fisch. et. Carr.) и ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.). Также распространены мелколиственные леса, развившиеся на месте лиственничников и ельников.

Наименьшие площади приходятся на леса с участием сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), дуба монгольского (*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.) и березы даурской (*Betula davurica* Pall.). Территория Зейского лесничества находится в 1 физико-географической стране (Амуро-Сахалинской), в 3 физико-географических областях (Верхнезейско-Удской, Тукурингра-Джагдинской и Амуро-Зейской горно-котловинной) и в 5 физико-географических провинциях: Гиллюиско-Токской, Тукурингра-Джагдинской, Притурано-Мамынской, Верхнеамурской и Среднезейской, в пределах

которых нами выделено 23 вида ландшафтов. Среди них имеются 2 редких ландшафта для Амурской области, один из которых обладает высокой степенью биоразнообразия.

Гиллюйско-Токская провинция в пределах Зейского лесничества представлена 2 видами ландшафтов - Талгинский и Гетканский. Они относятся к среднетаёжным низкогорным ландшафтам. Экологические приоритеты при лесопользовании в этих ландшафтах заключаются в сохранении водоохраной роли лесов, их противодефляционной функции и защита от лесных пожаров.

Тукурингра-Джагдинская провинция на территории Зейского лесничества представлена 8 видами ландшафтов, один из которых (Нижнегилюйский) относится к редким ландшафтам Амурской области. Это резко расчлененное среднегорье хр. Тукурингра, на коренном основании из магматических (граниты, гранодиорты, диориты) и метаморфических (гнейсы, амфиболиты) пород. Растительность в ландшафте представлена гольцово-тундрово (*Dryas ajanensis*, *Diapensia obovata*, *Loiseleuria procumbens*, *Phyllodoce caerulea*, *Rhododendron redowskianum*, *Empetrum nigrum*, *Arctous alpina*, *Salix sphenophylla*, *Artemisia lagocephala*) - стланиково (*Pinus pumila*, *Duschekia fruticosa*, *Betula divaricata*, *B. exilis*, *Juniperus sibirica*) - редколесно (еловые, лиственничные, березовые – *Betula lanata*) - таёжным (лиственничники с *Rhododendronon dauricum*, аянские ельники) типом высотной поясности. Она произрастает на горных буро-таёжных, буро-таёжных иллювиально-гумусовых и горно-тундровых почвах. Уникальный в дальневосточном масштабе фрагмент ненарушенных лесов данного вида ландшафта составляет ядро Зейского государственного заповедника, созданного в 1963 году. Для природно-территориальных комплексов Нижнегилюйского ландшафта характерны повышенная уязвимость к эрозии, высокое видовое разнообразие травостоя за счет присутствия как бореальных, так и неморальных видов. В облике ландшафта наблюдаются экстраординарные элементы. Экологическим приоритетом при назначении лесохозяйственных мероприятий должно быть сохранение флористического разнообразия и противоэрозионной роли лесного покрова. Остальные ландшафты провинции относятся к типичным. В рельефе преобладают низкогорные массивы (хр. Тукурингра, хр. Соктахан), расчлененные, с мягкими волнистыми очертаниями водоразделов. Большая часть территории имеет подгольцово-редколесно-горно-таёжный тип поясности. Значительная часть Зейского заповедника находится в ландшафтах этой провинции. За пределами заповедника экологические приоритеты при лесопользовании заключаются в сохранении водоохраной роли лесов, их противодефляционной функции и защита от лесных пожаров. Притурано-Мамынская провинция в Зейском лесничестве представлена 6 видами ландшафтов, один из которых Призейский относится к редким с высоким уровнем биоразнообразия. Призейский ландшафт - низкое плато, пологоувалистое, слабо расчлененное, местами перекрытое белогорскими отложениями (пески, глины, суглинки), на коренном основании из магматических (граниты, гранодиориты, сиениты), метаморфических (гнейсы, амфиболиты, кристаллические сланцы) и плотных осадочных (известняки, доломиты, песчаники, конгломераты, алевроиты, аргиллиты) пород; с лиственнично-сосновыми, лиственничными и сосновыми лесами на глубоко промерзающих буро-таёжных и буро-таёжных глееватых почвах, в сочетании с травяными, кустарничково- и осоково-сфагновыми болотами на мерзлотных болотных низинных и переходных торфяно-глеевых почвах. На крутых инсолированных склонах достаточно широко представлены степоиды – остепненные ценозы с представителями степных видов Забайкалья и Маньчжурии. Экологическими приоритетами при назначении лесохозяйственных мероприятий должны быть сохранение флористического разнообразия и противоэрозионной роли лесного покрова, а также защита лесов от пожаров. Верхнеамурская провинция на территории Зейского лесничества представляет собой высокоподнятый (до 500-700 м) и расчлененный пенеппен, развившийся на складчатых толщах песчано-глинистого мезозоя и палеозоя. Растительность представлена в основном лиственничной тайгой и занимает водораздельные мягкоконтурные гряды. Здесь формируются буро-таёжные почвы. На нижних, более увлажненных частях склонов произрастают багульниковые лиственничники с голубикой, брусникой и осоками на буро-таёжных поверхностно оглеенных почвах. Широкие ложбины стока (пади) заняты кочкарными осоково-вейниковыми марями, нередко с зарослями ерника на болотных торфянисто-глеевых почвах. 4 ландшафта Зейского лесничества данной провинции относятся к типичным ландшафтам. Экологические приоритеты при лесопользовании связаны с водоохраной ролью лесов и защитой от пожаров.

Среднезейская провинция в границах Зейского лесничества представлена 3 ландшафтами, которые относятся к типичным ландшафтам Амурской области. Это плоская аккумулятивная равнина, имеющая среднюю высоту от 240 до 300 м над ур. м. Речная сеть, исключая очень крупные водотоки (р. Зейя), слабо врезана в поверхность, приблизительно половину площади которой занимают травянистые кочкарные мари, а остальную – разреженные березово-лиственничные леса. Типичными ландшафтами являются слабо всхолмленные водораздельные пространства, покрытые разреженными сырыми лиственнично-березовыми лесами с травянистым ярусом, иногда с ерником, но обычно с рододендронам даурским; под ними формируются буро-таёжные, почти всегда

оглеенные почвы. Разветвленная сеть широких падей со слабо вогнутыми днищами представляет собой заболоченные пространства. Экологические приоритеты в лесопользовании должны быть направлены на сохранение водно-болотных угодий (водоохранная роль лесов) и на защиту лесов от пожаров.

Предложенные в работе ландшафтно-географические подходы к определению экологических приоритетов в стратегии лесопользования и охраны ландшафтов дают методическую основу для обеспечения устойчивого функционирования лесных ландшафтов Амурской области и неистощительного лесопользования.

ПРИРОДООХРАННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ УСТОЙЧИВОГО ЛЕСОУПРАВЛЕНИЯ

Загидуллина А.Т.
ФБУ «СПБНИИЛХ», г. Санкт-Петербург
asiya-z@yandex.ru

Реализация природоохранной политики при устойчивом лесопользовании требует разработки и внедрения новых технологий, позволяющих сохранять биоразнообразие и экосистемные функции леса [12]. Эти требования могут быть выполнены с помощью природоохранного планирования. Его целью является поддержание экологической стабильности территории. Данная цель может быть достигнута путем решения двух основных задач. Задача стабилизации ландшафтов территории, включая поддержание экологических и средообразующих функций леса, решается через определение лесохозяйственной нагрузки [2]. Другой задачей является сохранение биоразнообразия. Создание ООПТ и охрана некоторых редких видов недостаточны, т.к. большая доля важных местообитаний находится в эксплуатационных лесах. Чтобы обеспечить резерв выживаемости организмов различных типов сообществ необходимо поддержание и воспроизводство мозаики местообитаний [16, 17].

Местообитание характеризуется множеством измерений, которые можно разделить на 3 основные группы: уровень объекта (масштаб и размер), факторы формирования (условия среды) и собственное время (параметры естественной динамики). Задача сохранения сети местообитаний и привязанных к ним популяций может быть решена с помощью ландшафтного подхода, который позволяет принимать обоснованные решения на разных уровнях планирования, с учетом разнообразия условий среды, динамики и размеров местообитаний.

Любая природная территория представляет собой иерархию природно-территориальных комплексов (ПТК) разного уровня. Уровни ПТК, наиболее важные для структуры лесных территорий в условиях РФ – географический ландшафт (для крупных территорий - ландшафтный район, для горных и холмистых районов – также водосборы), местность, урочище и локальная мозаика внутри урочищ. Мозаика ландшафтных единиц является «жестким каркасом» территории [6], скорость изменений которого относительно низка. Ландшафтная отдельность является экотопической основой местообитаний определенного уровня, в которых формируются комплексы лесных сообществ.

За период существования ландшафтной единицы в ее пределах может сформироваться множество вариантов растительных сообществ, т.к. растительный покров лабильнее «жесткого каркаса». Каждый из типов сообществ, а также внутренняя неоднородность в их пределах, в свою очередь, представляют собой местообитание для определенного набора видов биоты. Поэтому одним из важных компонентов планирования являются сведения о разнообразии лесных экосистем. Оценка экосистемного разнообразия и факторов его формирования предполагает типизацию местообитаний сообществ. Для решения прикладных задач долговременного характера наиболее подходит эколого-динамический подход [8], дополненный ландшафтной основой. При планировании используется понятие «группа лесорастительных условий», которое объединяет участки территории в пределах одной группы типов леса, близкие по составу почвообразующих пород, и характеризующиеся сходными коренными сообществами, типами естественной динамики и траекториями сукцессий [11].

Размер и взаимное расположение местообитаний также существенно влияет на биологическую ценность объекта. Интенсивность и давность хозяйственной освоенности территорий отражается на степени фрагментации и иерархическом уровне сохранившихся естественных местообитаний. Фрагментация может дестабилизировать ландшафты территории, т.к. при одновременном уничтожении коренных сообществ на большой площади разрушаются взаимосвязи разного уровня, изменяется выполнение экосистемных сервисов [13]. «Гибкая» устойчивость, т.е. скорость восстановления после крупных нарушений определяется интенсивностью функционирования ландшафта, что тесно связано с широтной зональностью [7]. Разрыв крупных лесных массивов на изолированные участки - одна из важных причин снижения качества

местообитаний. В результате фрагментации увеличивается расстояние между популяционными локусами лесных видов, что ведет к снижению численности или исчезновению видов [9]. Реакция вида на снижение площади доступных местообитаний также проявляется на ландшафтном уровне. В этой связи возникают задачи определения количества одновременно представленных естественных местообитаний, необходимом для экологической устойчивости территории, так и сохранения их непрерывности.

Оценка данных показателей возможна путем определения параметров естественной динамики лесов, имеющей большое значение для сохранения биоразнообразия. Динамика сообществ обуславливает определенную пространственную и временную структуру биотопов, к которой на протяжении своего развития приспосабливаются прочие компоненты сообщества [13]. Восстановительная динамика экосистем направлена к наиболее стабильному состоянию, возможному в данных лесорастительных условиях. Коренные леса представляют собой мозаику пятен, находящихся на разных этапах восстановления [10,2]. Хозяйственная деятельность требует снижения устойчивости ландшафта путем перевода сообществ в определенную стадию восстановительной сукцессии [8]. Для сохранения устойчивости территории и динамического разнообразия местообитаний необходимо в известной мере воссоздавать естественную возрастную структуру лесных сообществ. Для реконструкции естественной возрастной структуры на уровне ландшафта необходимо учитывать, прежде всего, сильные нарушения, приводящие к образованию новых выделов. Особенно важным является определение необходимой доли старовозрастных участков, поскольку данные сообщества не воспроизводятся в лесохозяйственном цикле, представляя при этом большую ценность для сохранения биоразнообразия.

Разные функции леса проявляются на разных уровнях иерархии, и, следовательно, природоохранное планирование должно выполняться для ПТК разного масштаба. На каждом уровне производится определение редких и уязвимых объектов, формулируются критерии их выделения и ограничения на хозяйственную деятельность. При планировании определяются пороговые площади местообитаний, требующих охраны и воспроизводства. При построении экологической сети определяется список и территориальное размещение выделов, на которых вводится особый режим ведения хозяйства. На финальной стадии планирования могут быть рассчитаны различные сценарии ведения лесного хозяйства на длительный период.

Литература

1. Беручашвили Н., Шенгелия О. Ландшафтно-экологическое проектирование при лесоустройстве и управление лесами в горных странах.- в кн. Четыре измерения ландшафта 20 лет спустя/ ред. Исаченко Г.А., Кушлин Н.Н., Элизбарашвили Н.Н. М. «Алекс», 2006- с. 62-70
2. Василевич В.И. Некоторые новые направления в изучении динамики растительности // Бот. журн. 1993. Т. 78. № 10. С. 1-15.
3. Громцев А.Н. Динамика коренных таежных лесов в Европейской части России при естественных нарушениях // Актуальные проблемы геоботаники. III Всероссийская школа-конференция. Лекции. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. С. 283-301.
4. Ипатов В.С., Кирикова Л.А. Фитоценология. – СПб. Изд. СПбГУ, 1997, 1999. 316 с.
5. Исаченко А.Г., Исаченко Г.А. Ландшафтное районирование и типология ландшафтов Ленинградской области./ В сб. Общие принципы лесопользования и лесовыращивания на ландшафтно-лесотипологической основе. - Сб.н.тр. СпбНИИЛХ.-СПб, 1994. - с. 11-21.
6. Исаченко Г.А., Резников А.И. Динамика ландшафтов тайги Северо-Запада европейской России. – СПб., 1996.166 с.
7. Исаченко А.Г. Введение в экологическую географию. - СПб.: Изд-во СПбГУ, 2003. - 192 с.
8. Казаков Л.К. Ландшафтоведение с основами ландшафтного планирования –М., Академия, 2008, 336 с.
9. Кауханен Х., Нешатаев В. и др. Хвойные леса северных широт – от исследования к экологически ответственному лесному хозяйству. – МЕТЛА. 172 с.
10. Популяционная организация растительного покрова лесных территорий (на примере широколиственных лесов европейской части СССР) / О.В. Смирнова [и др.]. - Пущино: НЦБИ АН СССР, 1990. 92 с.
11. Рождественский С.Ю. Ландшафтный подход в лесном хозяйстве.- СПб., 2010, 36 с.
12. Российский национальный стандарт добровольной лесной сертификации по схеме Лесного попечительского совета. / Под ред. М.Л. Карпачевского и В.А. Чупрова. Москва: Российская национальная инициатива Лесного попечительского совета, 2008.
13. Рубцов М.В., Дерюгин А.А и др. Водорегулирующая роль таежных лесов. Агропромиздат. 1990, 223 с.
14. Солнцев В.Н. Системная организация ландшафтов. - М. 1981. 240 с.

15. Федорчук В.Н., Кузнецов М.Л., Андреев А.А. и др. Резерват «Вепский лес», лесоводственные исследования. – СПб., СПбНИИЛХ, 1998.- 208 с.
16. Hunter M.L. Maintaining biodiversity in forest ecosystems.- Cambridge University Press, 1999. 698 p.
17. Kuuluvainen T., 2002. Natural variability of forests as a reference for restoring and managing biological diversity in boreal Fennoscandia - *Silva Fennica* 36(1). P. 97–125.
18. Zackrisson O., 1977. The influence of forest fires in the North Swedish boreal forest. *Oikos* 29: 22–32.

КОМПЛЕКСНЫЕ ЛЕСОУЧЕТНЫЕ РАБОТЫ В ЭМЕРДЖЕНТНЫХ ЛЕСАХ

Ковалев Б.И.
ФГБОУ ВПО «БГИТА», г. Брянск
boris_kovalev@inbox.ru

Воздействие модифицирующих факторов, нарушение целостности лесных массивов, обусловленное мозаичным расположением рубок заготовки древесины, привело в современных условиях к высокому отрицательному воздействию на леса, изменению структуры фитоценозов, нарушению естественных сукцессионных процессов. Рубки в основном ведутся в освоенных лесах, в которых произрастают наиболее ценные хвойные и твердолиственные породы деревьев, что приводит к ухудшению качественного состава древостоев. Увеличились площади поврежденных и погибших лесов от вредных организмов (усыхание и гибели приспевающих, спелых и перестойных ельников хвойно-широколиственных лесов). Изменяется биология вредных организмов, выражающаяся в изменении ареалов своего развития (расширение ареала распространения черного пихтового усача в сторону увеличения высоты над уровнем моря), переходе их в категорию эруптивных видов (вспышка массового размножения пальцеходного лубоеда в начале двухтысячных годов привела к усыханию пихты на больших площадях Кемеровской области). Возрастают территории лесов, поврежденных стихийными бедствиями (засухи, ветровалы, снеголомы) и огнем, при увеличении интенсивности пожаров.

В условиях комплексного влияния факторов, определяющих состояние, на лесные экосистемы происходит аккумулярование отрицательных последствий, негативное воздействие одного или нескольких факторов и (или) экологических условий приводит к высокому уровню воздействия другого фактора, который при прочих условиях не смог бы привести к нарушению биологической устойчивости, ослаблению и усыханию насаждений [1].

В лесах, по мере их деградации, под влиянием модифицирующих факторов, падает доля здоровых деревьев, возрастает размер текущего и общего отпада, изменяется его структура (в отпад включаются деревья с диаметрами средними и выше по насаждению). Изменения состояния структуры лесной экосистемы приводят к нарушению природного равновесия, что обуславливает формирование экосистем, обладающих новыми свойствами и имеющие отличные от начального состояния количественные и качественные характеристики. Эта ситуация характеризуется понятием эмерджентности - появлением у системы свойств, не присущих элементам системы, не сводимость свойства системы к сумме свойств составляющих ее компонентов. В условиях высоких уровней негативного воздействия, когда произошедшие изменения необратимы, формируются эмерджентные экосистемы, обладающие новыми функциональными свойствами. При повышении уровня деградации структурных элементов составляющих лесную экосистему происходит повышение уровня ее эмерджентности. При этом их свойства все в большей степени будут отличаться от характеристик присущих биологически устойчивым лесам. С повышением уровня эмерджентности количество показателей, характерных для лесных экосистем будет снижаться, за счет сокращения их насыщенности лесными структурными составляющими. В конечном итоге они могут перейти в другой тип экосистем - формируются модифицированные экосистемы. Под модифицированной лесной экосистемой понимается лесная экосистема, характеризующаяся различными уровнями эмерджентности и сформировавшаяся в результате воздействия модифицирующих факторов [1].

Формирование модифицированных лесных экосистем может быть неуправляемым, управляемым и комплексным. Неуправляемая модификация лесных экосистем происходит под влиянием биотических и абиотических негативных факторов. При этом новые свойства, появляющиеся в лесных экосистемах, в основном, будут отрицательными в сравнении с исходными показателями. Управляемое формирование модифицированных лесных экосистем может происходить в результате различного вида хозяйственного воздействия. При комплексном формировании - используется воздействие отрицательных факторов на леса, путем прекращения их негативного воздействия на возможных и (или) заранее определенных уровнях выполнением мероприятий. При управляемом и комплексном формировании модифицированных лесных экосистем они могут быть созданы с заранее запрограммированными свойствами.

Возможность формирования модифицированных лесных экосистем обуславливается понятием лесной экосистемы. Лесная экосистема это пространственно - временная, естественно развивающаяся и (или) искусственно формируемая, имеющая различную однородность, целостная совокупность природных компонентов, находящихся с внутренней и внешней средой во взаимосвязи, определяемой уровнем ее деградации. Пространственно она занимает определенную территорию, где объединены ее структурные элементы, характеризующуюся близкими природными условиями (компонентами). Временная характеристика лесной экосистемы заключается в том, что составляющие ее, пространственно объединенные элементы должны находиться на территории экосистемы такой период времени, за который проявляются их взаимосвязи. Новые инфраструктурные составляющие не являются элементом экосистемы до тех пор, пока не проявились положительные или отрицательные взаимосвязи [1].

Лесные экосистемы, в большей своей части неоднородны, даже в близких природных условиях они могут иметь различные количественные и качественные характеристики. Разные экологические условия в пределах лесных экосистем, влияние негативных факторов в них, определяют особенности роста, товарную структуру древостоев, пожарную опасность, пользование лесом и его восстановление. Поэтому для получения заранее определенных параметров в лесных экосистемах необходимо выполнение их эколого-лесоресурсного районирования с учетом их природных условий. Целевое, эколого-лесоресурсное районирование лесных экосистем это стратификация территории на относительно однородные пространственно - ограниченные экосистемы, с природными условиями, оптимальными для выращивания целевых природных ресурсов [1].

В настоящее время в системе лесного хозяйства проводятся обследовательские работы, выполняемые через определенный промежуток времени. К ним относятся лесоустройство, государственная инвентаризация лесов, лесопатологический и пожарный мониторинг, мониторинг воспроизводства лесов, лесопатологические и радиационные обследования, авиационные работы по охране и защите лесов. Основными задачами всех лесоучетных работ является выявление, учет, оценка качественных и количественных характеристик лесных ресурсов, санитарного и лесопатологического состояния, установление пространственного расположения лесных участков, изучение динамики различных характеристик лесных экосистем, анализ динамики пожарной опасности в лесах и лесных пожаров, выявление и прогнозирование возможности экологических нарушений, рекомендация мероприятий. В основе их реализации лежит инструментальная или глазомерная оценка необходимых показателей на обследуемой территории или стационарах контроля [2].

Для стратификации лесов и создания системы стационаров при инвентаризации и лесопатологическом мониторинге необходимо выполнять в основном повторяющийся комплекс работ, зачастую в одних и тех же или близко расположенных лесных участках, что приводит к дублированию работ.

Оптимальным решением существующих проблем при лесоучетных работах является объединение лесоустройства, инвентаризации, лесопатологического мониторинга и лесопатологического обследования в единую структуру и информационно-аналитическую систему, которая будет решать комплексные задачи. Комплексные лесоучетные работы необходимо проводить на основе эколого-лесоресурсных районов, а в их пределах на основе состояния лесов. Отдельные виды работ, при комплексных обследованиях, должны выполняться соответствующими специалистами. Основой комплексных лесоучетных работ должно стать лесоустройство, материалы которого лежат в основе всех систематических обследований лесов. Это позволит решать задачи, стоящие перед систематическими обследованиями, в комплексе, избежать дублирования работ, использовать единые методики и технологии.

Выполнение комплексных государственных лесоучетных работ позволит решить задачи рационального лесопользования, обоснованного, постоянно осуществляемого использования и восстановление лесов на основе эколого-лесоресурсного районирования, с учетом их состояния и природных условий.

Литература

1. Ковалев Б.И. Инновационная организация хозяйства в лесных экосистемах [Текст] /Б.И. Ковалев. – Брянск: БГИТА. 2013.- 218 с.
2. Официальный сайт. Федеральное агентство лесного хозяйства (Рослесхоз).- Режим доступа. <http://www.rosleshoz.gov.ru>.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОЛИДОМИНАНТНЫХ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ЛЕСОВ КАК ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСАМИ

Коротков В.Н.

МГУ имени М.В. Ломоносова, Биологический факультет, г. Москва
korotkov@list.ru

Длительное неистощительное лесопользование возможно лишь при условии восстановления лесных экосистем, максимально приближенных по структуре и породному составу к ненарушенным лесам зонального типа [2, 3, 8, 17]. Ставка на создание лесных монокультур на обширных территориях может привести к снижению биоразнообразия, возрастанию риска повреждения культур в результате вспышек размножения патогенных микроорганизмов и энтомовредителей, уменьшению почвенного плодородия, снижению почвозащитных и водоохраных функций [1, 3, 4, 5, 13, 14, 16, 17]. Теоретической основой восстановления полидоминантных разновозрастных лесов может служить мозаично-циклическая концепция экосистем [6, 19], а также современные представления о популяционной организации ненарушенного биогеоценотического покрова лесных территорий [2, 11]. Модельным объектом для экспериментальных работ по восстановлению разновозрастных полидоминантных лесов послужил природно-исторический заповедник Горки (южная часть ближнего Подмосковья) [7, 9, 12, 15]. Территория расположена в северной части Среднерусской возвышенности в пределах Москворецко-Окской моренно-эрозионной равнины на водоразделах рек Пахры и Москвы. В системе геоботанического районирования Московской области территория лесопарка относится к Подольско-Коломенскому району широколиственных лесов с участием ясеня и ели [10]. Перечислим основные особенности лесных массивов: здесь представлены достаточно типичные по породному составу и строению леса, характерные для средней полосы европейской России; лесные массивы имеют островной характер; лесные фитоценозы отличаются обедненным видовым составом и одновозрастным характером древостоев, что является результатом многовековой хозяйственной деятельности человека.

Экспериментальные работы выполнялись в 1988-1997 гг. в послепахотных березняках Богдановского лесопарка, в которых занос семян поздне-сукцессионных видов крайне ограничен большим расстоянием [2, 7, 15]. В настоящее время под пологом березовых лесов формируется ярус из кустарников: лещины, крушины, рябины и других видов. Анализ возобновления древесных видов показывает, что оно во многих случаях недостаточно для формирования древостоев. В будущем после распада березняков здесь возможно формирование сообществ с преобладанием лещины. В Богдановском лесопарке, начиная с 1988 г. ведутся экспериментальные работы по восстановлению полидоминантных лесов. В результате проведения рубок переформирования были созданы «окна» размерами 0.16-0.25 га, в которые высаживались зональные эдификаторы (дуб черешчатый, липа мелколистная, клен остролистный, ясень обыкновенный, ель европейская). Описание лесоводственных экспериментов и предварительные результаты опубликованы [9, 12, 15, 18].

Проведенные на пробных площадях наблюдения приводят к выводу о необходимости проведения активных лесохозяйственных мероприятий для сохранения и восстановления лесных насаждений. К наиболее важным лесохозяйственным мероприятиям относятся: рубки ухода в молодняках; рубки ухода за подростом и подростом, которые позволят сохранить ценные породы деревьев и обеспечить их успешное развитие; санитарные рубки (особенно в культурах хвойных пород); создание лесных культур ценных аборигенных видов деревьев в местах распада мелколиственных древостоев в случае недостаточного естественного возобновления. Перспективным направлением работ является восстановление разновозрастных полидоминантных елово-широколиственных лесов путем проведения группово-выборочных рубок в сочетании с культурами недостающих видов деревьев.

Опыт проведения экспериментальных лесохозяйственных мероприятий на территории лесопарка «Горки» и анализ лесоводственной литературы дает возможность предложить наиболее важные направления работ по восстановлению зональных широколиственных лесов:

1) Восстановление структурного разнообразия (разновозрастной системы мозаик окон возобновления) путем проведения группово-выборочных рубок. Имеющиеся расчеты и данные показывают, что оптимальные размеры окон составляют по диаметру 1.5-2 высоты окружающего полога леса (0.1-0.3 га).

2) Восстановление видового разнообразия должно базироваться на естественном возобновлении в сочетании с созданием лесных культур недостающих древесных видов. Для целого ряда редких видов трав, отличающихся малым радиусом репродуктивной активности, восстановление их популяций целесообразно проводить путем реинтродукции.

3) Восстановление генетического разнообразия популяций древесных видов. При закладке питомников необходимо использовать гетерогенный семенной материал, собранный из местных популяций древесных видов.

Восстановление полидоминантных разновозрастных широколиственных лесов зонального типа поможет обеспечить длительное неистощительное лесопользование (вне пределов лесопарка), а также будет способствовать поддержанию высокого биоразнообразия лесных экосистем, сохранению и восстановлению почвенного плодородия, увеличению устойчивости лесных экосистем.

Литература

1. *Воронцов А.И.* Патология леса. М.: Лесная промышленность, 1978. 270 с.
2. Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. Отв. ред. О.В. Смирнова. М.: Наука, 2004. Книга 1 – 479 с. Книга 2 – 575 с.
3. Восточноевропейские широколиственные леса. Отв. Ред. О.В. Смирнова. М.: Наука, 1994. 364 с.
4. *Гримальский В.И., Энтин Л.И., Марченко Я.И.* и др. Комплексные профилактические мероприятия в хронических и потенциальных очагах вредителей сосны. Экспресс информация. М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1981. 16 с.
5. *Знаменский В.С., Лямцев Н.И.* Особенности динамики численности непарного шелкопряда в комплексных очагах листогрызущих насекомых // Защита лес от вредных насекомых. М.: ВНИИЛМ, 1990. С. 11-21.
6. *Коротков В.Н.* Новая парадигма в лесной экологии // Биологические науки. 1991. N 8. С. 7-20.
7. Город. Лес. Отдых. Рекреационное использование лесов на урбанизированных территориях. Научная конференция. Тезисы докладов. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. С. 172-174.
8. *Куулувайнен Т.* Ведение лесного хозяйства, ориентированного на естественное развитие лесов и сохранение биоразнообразия // Хвойные леса северных широт – от исследования к экологически ответственному лесному хозяйству. Joensuu: METLA, 2009. С. 144-155.
9. Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках европейской России. М.: Научный мир, 2000. 196 с.
10. *Петров В.В.* Новая схема геоботанического районирования Московской области // Вестник Московского ун-та. Сер. биол., почвовед. 1968. № 5. С. 44-50.
11. *Смирнова О.В., Торопова Н.А.* Сукцессия и климакс как экосистемный процесс // Успехи современной биологии. 2008. Т. 128. № 2. С. 129-144.
12. Сохранение и восстановление природно-культурных комплексов Подмосковья. М.: Улисс, 1995. 222 с.
13. *Стороженко В.Г.* Комплексы сапрофитных грибов на валеже в еловых древостоях разного происхождения // Лесоведение. 1992. № 5. С. 64-67.
14. *Стороженко В.Г., Бондарцева М.А., Соловьев В.А., Крутов В.И.* Научные основы устойчивости лесов к дереворазрушающим грибам. М.: Наука, 1992. 221 с.
15. Сукцессионные процессы в заповедниках России и проблемы сохранения биологического разнообразия. Спб.: Российское ботаническое общество, 1999. С. 106-150.
16. *Эвальд Э.* О месте почвы и ее взаимосвязях с растительностью в естественных и нарушенных человеком биогеоценозах // Почвоведение. 1980. № 5. С. 29–39.
17. *Gamfeldt L., Snäll T., Bagchi R., Jonsson M., et al.* Higher levels of multiple ecosystem services are found in forests with more tree species // Nature Communications. 2013. N 4: 1340 DOI: 10.1038/ncomms2328.
18. *Korotkov V. N.* Restoration of polydominant spruce-broadleaved forests after long-term economic use in the “island” forest tracts of Moscow region, Russia // T. Veltheim, B. Pajari (eds.) Forest Landscape Restoration in Central and Northern Europe. EFI Proceedings. 2005. N 53. P. 119-125.
19. The mosaic-cycle concept of ecosystem. Remmert H (ed.) Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, N-Y, 1991. 168 p.

ОПЫТ БИКИНСКОГО И КЕДРОВОГО ЛЕСОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ: ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ

Липка О.Н., Чувасов Е.В., Лепешкин Е.А.
Всемирный фонд дикой природы, г. Москва
olipka@wwf.ru

В последнее время все чаще можно услышать такое понятие, как экосистемные услуги. Под термином понимают полезные функции экосистем - выгоды, которые человек может получить от их природного потенциала. Во многих странах образуются рынки ПЭУ (Платежи за Экосистемные

Услуги – Payment for Ecosystem Services). На таких рынках производится торговля экосистемными услугами, для чего создаются специальные финансовые механизмы, позволяющие оценить ту или иную услугу и рассчитать ее стоимость.

Одним из наиболее востребованных и часто встречаемых товаров на рынках экосистемных услуг являются единицы сокращения выбросов (ЕСВ) парниковых газов, а Киотский протокол стал самым первым финансовым механизмом ПЭУ, позволяющим регулировать выбросы парниковых газов в атмосферу. На данный момент в мире существует большое количество схожих систем сертификации ЕСВ, позволяющих монетизировать данный тип экосистемных услуг.

Одним из примеров экосистем, выполняющих климаторегулирующую функцию – являются леса. В соответствии с понятием леса, приведенном в Лесном кодексе, их «использование... осуществляется исходя из понятия о лесе, как об экологической системе или как о природном ресурсе». На практике же, лес рассматривается и оценивается только с точки зрения ценности производственных ресурсов – древесины. Воздействие заготовки древесины на другие полезные функции леса не принимается во внимание при расчете стоимости ресурса, что приводит к ситуации, когда лесные территории имеющие высокое социальное или экологическое значение становятся предметом столкновения между лесозаготовительными компаниями и экологическими НПО/местными жителями. В таких случаях финансовые механизмы ПЭУ могут оказаться экономической альтернативой развития данных участков лесов или частично компенсировать лесозаготовительным компаниям отказ от рубок в таких лесах.

В задачи государственной политики в области использования лесов уже вошло формирование рынка экосистемных услуг в области леса (распоряжение правительства от 26 сентября 2013 г. № 1724-р "Основы государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в Российской Федерации на период до 2030 года."). Более того, в качестве мер сохранения экологического потенциала лесов предполагается также "разработка и осуществление мер по использованию лесов для сдерживания изменений климата, а также адаптации лесного сектора экономики к этим изменениям". Перед Российской Федерацией открываются множества возможностей по реализации лесоклиматических проектов благодаря большим массивам еще не освоенных лесов. Часть из них относится к категориям ценных лесов, таких как орехово-промысловые зоны, которые раскинулись на площадях более 10.6 млн га. Также существуют леса с ограниченным режимом пользования, например кедровые леса, общая площадь которых около 40 млн га. Все эти и другие категории защитных лесов при их сохранении можно подразумевать в т.ч. и в качестве лесов, позволяющих сдерживать изменение климата. Именно благодаря новому документу, а именно "Основам лесной политики" появился и еще одна перспективная категория, а именно национальное лесное наследие. Эта категория сейчас на стадии утверждения. В международном плане для России было бы правильным использовать такие обширные возможности лесных экосистем для обоснования и подачи новых лесоклиматических проектов.

Данная практика была использована на территории Приморского края. Так, Бикинская орехово-промысловая зона не раз становилась целью лесозаготовительных компаний, что вызывало негативную реакцию, как со стороны местных жителей, традиционно ведущих на данной территории такие виды деятельности, как охота и собирательство, так и со стороны экологических НПО, отстаивающих крупнейший в северном полушарии массив малонарушенных кедрово-широколиственных лесов с уникальным уровнем биоразнообразия. Выходом из данной ситуации стал реализованный подход «природоохранной» аренды: вместо рубок на территории орехово-промысловой зоны осуществляется сбор пищевых лесных ресурсов и лекарственных растений, а отказ от рубок позволяющий предотвращать заготовку 399.000 м³/год, приводит к ежегодному сокращению выбросов в размере около 180 000 тонн CO₂ (1 тонна CO₂= 1 ЕСВ). Реализация на углеродных рынках этих единиц, позволяет получать дополнительный источник дохода для местных жителей, который покрывает расходы, связанные с арендой территории и охранной ее от пожаров и незаконного природопользования, а также приносит доход в бюджет края в виде арендной платы.

Другой пример практического применения лесных климатических проектов в Приморском крае связан с лесами высокой природоохранной ценности (ЛВПЦ). Выделение таких лесов арендаторами участков лесного фонда в рамках добровольной лесной сертификации, по системе Лесного попечительского совета, предполагает отказ от рубок на некоторой части арендованной территории. В связи с этим, для минимизации экономических потерь, выделение ЛВПЦ не редко сводится к выделению территории, где рубка уже запрещена или ограничена в соответствии с законодательством. При этом ЛВПЦ, имеющие высокое значение, но не ограниченные для заготовок лесным законодательством, игнорируются. Применение ПЭУ позволяет частично компенсировать затраты и более объективно подойти к процессу выделения ЛВПЦ.

Таким образом, платежи за экосистемные услуги могут рассматриваться, как инструмент нахождения компромисса между экономикой и экологией/социальной сферой. Применение рыночных механизмов ПЭУ в случае конфликтных ситуаций может оказывать положительный эффект, как с точки зрения экологии, так и с точки зрения экономики.

Аренда лесов для использования недревесной лесной продукции и выделение ЛВПЦ на части территории, предназначенной для лесозаготовок, позволяют сохранить биологическое разнообразие лесов при использовании ресурсов.

ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В СВЯЗИ С ПРОБЛЕМАМИ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ

Максимова Е.Ю.¹, Абакумов Е.В.²
¹СПбГУ, г. Санкт-Петербург, ²ИЗВБ РАН, г. Тольятти
doublemax@yandex.ru

Мощным средством антропогенного воздействия на почву и почвенные режимы в лесных биогеоценозах являются пожары. Природные пожары являются наиболее опасным экзогенным нарушением в естественных экосистемах России.

Лесные пожары приводят к глубинной деградации экосистем, наносят значительный вред экономике и инфраструктуре, а также крайне негативно влияют на условия жизни и здоровье населения в регионах распространения пожаров.

Лесные пожары в России не распространены широко, но, если они случаются, то принимают масштабы бедствия. В основном, они характерны для бореальных лесов, которые обладают повышенной влажностью, в частности, это характерно для Европейской территории РФ. Для того чтобы возникли такие катастрофические пожары, необходима экстремально теплая погода. Такая погода последний раз установилась на всей территории России в 2010 году.

Катастрофические пожары 2010 года привели к уничтожению верхней части почв на огромных пространствах России. Огнем были уничтожены или нарушены в существенной степени почвы основных природных зон Русской равнины и Сибири. По данным МЧС на территории России в 2010 году возникло 30376 очагов природных пожаров на общей площади 1.25 млн га. По данным Рослехоза площадь лесных пожаров составила около 1.5 млн. га [2].

По данным Федерального агентства лесного хозяйства, ущерб от лесных пожаров 2010 года составил 85.5 млрд. рублей. Скорее всего, данные Рослехоза об ущербе от лесных пожаров в известной степени занижены - они учитывают только прямые потери древесных ресурсов, но не учитывают в полной мере потери лесами средообразующих и природных ценностей, и тем более не учитывают ущерб, нанесенный огнем и дымом жизни и здоровью людей.

Действительно, аномальные погодные явления 2010 года в виде почти полного отсутствия осадков и высокой температуры воздуха, которые привели к лесным пожарам, существенно увеличили содержание в атмосфере продуктов горения (дыма и угарного газа). Все эти факторы оказали негативное влияние на здоровье населения России. В частности, было проведено исследование, которое показало увеличение числа смертей среди населения на территории Волжского бассейна и доли умерших от заболеваний системы кровообращения [3].

Пожарные нарушения очень сильно влияют на биоразнообразие, и зачастую их последствия в значительной степени обусловлены масштабом, интенсивностью и частотой нарушений. В результате лесных пожаров в пределах одного района, однородного в отношении климата, рельефа, материнских пород и почв, создаются неравноценные эдафические условия для продуктивности древостоев. Допожарное равновесное состояние в системе лес-почва нарушается. Итогом пожара может быть полное уничтожение не только биоты, но и почвы как сложного органо-минерального комплекса.

Объектом исследования являются степные островные сосновые боры в районе г. Тольятти Самарской области, которые подверглись воздействию катастрофических лесных пожаров в 2010 г. Пожары в 2010 году в черте г. Тольятти привели к ухудшению экологической обстановки в городе – огонь уничтожил целую лесную экосистему.

За пожароопасный период 2010 года на территории лесов в границах городского округа Тольятти произошло 35 пожаров. Общая площадь территорий, пройденных огнем, составила 2087 га. По результатам лесопатологического обследования, проведенного на площади 2665.7 га, было назначено провести следующие мероприятия: санитарная сплошная рубка – 1059.6 га, выборочная санитарная рубка – 791.6 га, уборка захламленности – 470.9 га [4].

Лесные участки г. Тольятти относятся к лесостепной зоне, где бореальные леса контактируют с самым югом лесостепных экосистем.

На участках леса, пройденных низовым пожаром, древесный ярус уцелел, однако огонь повредил стволы с разной степенью интенсивности. В большей степени пострадал травяной и кустарниковый ярусы, которые, однако, выгорели не полностью, кое-где остались нетронутые огнем участки.

В лесных сообществах, пройденных верховым пожаром, иная картина. Древесно-кустарниковые насаждения выгорели полностью, равно как травяной и кустарниковый ярусы, и здесь начались спонтанные постпирогенные сукцессии.

На некоторых участках на поверхности до сих пор лежат срубленные и поваленные сгоревшие деревья, и никто не собирается их убирать и использовать в дальнейшем.

В 2010 году катастрофические природные пожары в городских лесах г. Тольятти привели к образованию пирогенно-трансформированных почв, которые существенно отличаются от ненарушенных по морфологическим признакам и основным химическим и физическим свойствам. Первая стадия восстановления растительности после лесных пожаров – распространение рудеральной растительности; после за счет естественной регенерации начинают развиваться древесная и кустарниковая растительность.

Пожары в 2010 году в черте г. Тольятти привели к ухудшению экологической обстановки в городе. Помимо того, что огонь уничтожил целую лесную экосистему, на послепожарных территориях рекультивацию лесного сообщества проводят некорректно: вместо того, чтобы стихийно, не задумываясь, высаживать деревья, необходимо учитывать прежний видовой состав коренных пород деревьев, растений и животного мира. Т.е. нужно восстанавливать экосистему, а не лесопокрытые площади, и тогда рекультивация будет эффективной.

В данное время на территории тольяттинского леса работы по лесовосстановлению ведут порядка 19 подрядных организаций. В 2010-2011 годах выполнена посадка леса на площади 85 га. В 2012 году посадка весной выполнена на площади 56 га, осенью – еще 295 га. На текущий момент под восстановление леса расчищено 250 га [4]. Однако, остаются огромные пространства, которые даже не подготовлены под посадки, до сих пор кто-то выжигает порубочные остатки.

Средства на закупку саженцев, подготовку почвы, посадку и агротехнический уход выделяются из бюджета Самарской области [1].

Естественное возобновление лесных массивов является предпочтительным для самого леса, т.к. в этом случае формируется растительность, близкая к ненарушенным биогеоценозам. Данные растительные сообщества будут более терпимыми к местным экологическим и климатическим условиям, и их разнообразие будет выше, чем в случае сообществ, которые будут созданы человеком.

Безусловно, необходимо разработать систему мониторинга послепожарных территорий с последующим анализом процессов восстановления растительного и почвенного покрова на выгоревших участках как элемент экологизированного менеджмента нарушенных земель. Таким образом, проводя мониторинг послепожарных территорий и прогнозируя, что будет с нашими почвами в дальнейшем, мы сможем правильно сберегать лесные ресурсы, создавать условия для устойчивого развития лесной экосистемы и проводить мероприятия по предотвращению потери продуктивности земель.

А проблема борьбы с лесными пожарами — проблема сложная, многогранная и как никогда актуальная. Решение ее требует привлечения и взаимодействия специалистов в различных областях — экологов, лесников, экономистов, пожарных, специалистов по сохранению биоразнообразия и охране здоровья человека и т. д. К сожалению, государственные структуры пока не в силах справиться с ситуацией, возникающей ежегодно в пожароопасный период.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов мол_а 14-04-32132 и мол-а-вед 12-04-33017.

Литература

1. В Тольятти посадят 1 миллион 350 тысяч новых саженцев // FLORA FOLIUM. 2013. №8(72) С. 8.
2. Восстановительные сукцессии в тольяттинских лесах // FLORA FOLIUM. 2012. № 27(63). С. 6-8.
3. *Лифиренко Д.В., Лифиренко Н.Г.* Увеличение смертности населения Волжского бассейна как следствие аномальной жары лета 2010 года // Известия Самарского Научного центра РАН. Тольятти. 2012. т.14. №1. С.272-275.
4. Подробнее о лесовосстановлении // FLORA FOLIUM. 2012. № 22(58). С. 7-8.

УСТОЙЧИВОСТЬ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА АЭРОТЕХНОГЕННЫХ ВЫБРОСОВ

Меншиков С.Л.
Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург
msl@botgard.uran.ru

Исследования устойчивости лесных экосистем к разным типам загрязнения проводились на двух полигонах: Красноуральском и Рефтинском в Свердловской области. Изучение состава и объёма выбросов в атмосферу показало, что очаги повреждения характеризуются одинаковыми по составу газообразными выбросами – кислые газы (доминирует диоксид серы) и разными твёрдыми: в районе Красноуральска - тяжёлые металлы, в Рефтинско-Асбестовском - зола, имеющая щелочную реакцию. Сравнительный анализ геохимической ситуации и состояния высоковозрастных сосновых древостоев в данных очагах аэротехногенного загрязнения показал следующее.

Степень загрязнения воздуха SO₂ практически одинакова в Рефте и Красноуральске. Содержание SO₂ в 1 км от источников выбросов максимальное, далее снижается – в 15 км оно в два раза ниже [1]. Характер загрязнения снега и почвы отличается. Содержание SO₄ в снеговой воде незначительное и данные сопоставимы: максимум в Рефте – 0,14 мг/л (3 км), в районе Красноуральска – 0,11 мг/л (0,5 км). Содержание взвешенных веществ в Рефте выше в несколько раз. Концентрация щёлочно-земельных и тяжёлых металлов в снеговой воде в районе РГРЭС также в целом значительно больше, чем в районе КМК, особенно свинца и кадмия. Исключение составляет железо, которое в районе РГРЭС в снеге не обнаружено.

Анализ валового содержания тяжёлых металлов в почвах показывает повышение содержания их в 2 раза в зоне действия РГРЭС по сравнению с контролем, а по меди и свинцу и с кларковым уровнем содержания элементов в почвах [2]. В зоне действия КМК также наблюдается значительное увеличение всех определяемых элементов. Особенно большое превышение наблюдается по содержанию меди: в 0,5-1 км от КМК 0,3126-0,0951% (кларк-0,002, в районе РГРЭС – 0,005%). Содержание серы в однолетней хвое сосны несколько повышенное: в Рефте – 0,13-0,14%, в Красноуральске-0,11-0,15. Такие концентрации серы в хвое могут привести к некоторому снижению ассимиляции [1]. Содержание концентрации серы в однолетней хвое 0,008-0,1% с последующим возрастанием обеспечивает сосновой хвое трехлетнее функционирование [3]. Анализ полученных нами данных показывает, что при типе загрязнения кислотный + тяжёлые металлы концентрация серы в однолетней хвое 0,14-0,15%, а также тяжёлых металлов в гумусовом горизонте почвы Си - 0,019%, Ni – 0,0196%, Zn-0,011%, Pb – 0,01% при сильноокислой реакции почвы приводит к снижению срока жизни хвои на 1-2 года (в зависимости от условий вегетационного периода), а при концентрации серы 0,11% срок жизни хвои сокращается на 1 год у отдельных ослабленных деревьев [4]. В условиях кислотно-щелочного типа загрязнения концентрация серы в хвое 0,13-0,14% не вызывает сокращения срока жизни хвои в 30 км от РГРЭС и появления визуальных признаков повреждений. По мере приближения к источнику выбросов срок жизни хвои сокращается на 1-2 года за счет сильного запыления золой из труб и сдуваемой с золоотвала.

Результаты оценки жизненного состояния сосновых древостоев в динамике показали, что в большей степени они повреждены в зоне действия КМК. В районе РГРЭС по визуальным признакам сосновые древостои относятся к категории слабо и средне поврежденных, даже в непосредственной близости от ГРЭС. Срок жизни хвои уменьшается на 1-2 года, дефолиация повышается до 22,6%. Вблизи КМК – до 0,5 км - древостои полностью погибли, до 1 км погибли хвойные, и их место заняли березовые молодняки. В зоне действия КМК на расстоянии до 7-15 км здоровых деревьев сосны практически нет, сухих и усыхающих – до 25,4%. В районе РГРЭС древостои повреждены в меньшей степени - количество сухих и усыхающих деревьев до 3,6%, в основном, за счет деревьев 1V - V классов Крафта (т.е. за счет естественной конкуренции). Доминируют слабо поврежденные древостои. Зоны полной гибели и сильного поражения древостоев в Рефтинско-Асбестовском районе нет.

Таким образом, сопряженные исследования геохимического фона и состояния сосновых насаждений в условиях двух типов аэротехногенного загрязнения (кислотном + тяжёлые металлы и кислотно-щелочном) показали следующее.

При одинаковом уровне загрязнения воздуха основным компонентом газообразных выбросов – диоксидом серы, степень и характер загрязнения почв твердой фазой выбросов в районе Красноуральска и Рефта отличаются: в районе Красноуральска вблизи КМК наблюдается сильное загрязнение тяжёлыми металлами, а в районе РГРЭС - золой, которая также содержит тяжёлые металлы, но имеет сильно щелочную реакцию. В зоне действия КМК показатель pH почвы снижается в импактной зоне до критического для растений уровня, а в зоне действия Рефтинской ГРЭС

повышается по сравнению с контролем, но незначительно. Основная масса твердой фазы выбросов (тяжелые металлы Cu, Ni, Zn, Pb) оседают в радиусе 7 км от КМК. В районе Рефтинской ГРЭС зола, имеющая щелочную реакцию, распространяется за счет высоких труб на значительные расстояния – до 17-30 км. В большей степени повреждение лесных насаждений в данный период наблюдений отмечается в районе Красноуральска по всем изученным биологическим показателям. Следует отметить, что аэротехногенный фактор в районе Красноуральска начал действовать на 30 лет раньше, чем в Рефтинско-Асбестовском районе, поэтому степень повреждения в последнем может увеличиться в более поздний период.

Литература

1. Гудериан Р. Загрязнение воздушной среды. М.: Мир, 1979. 200с.
2. Менщиков С.Л., Ившин А.П. Закономерности трансформации предтундровых и таёжных лесов в условиях аэротехногенного загрязнения. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 295 с.
3. Менщиков С.Л., Власенко В.Э., Евстюгин А.С. Локальный мониторинг лесных экосистем в условиях разных типов загрязнения (для Свердловской обл.) // Биологическая рекультивация нарушенных земель: Мат-лы междунар. совещ., Екатеринбург: УрО РАН, 1997. С.184-192.
4. Смит У.Х. Лес и атмосфера. М.: Прогресс, 1985. 430 с.

ИСТОРИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ФРОНТА ЛЕСОЗАГОТОВОК В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ: НА ПУТИ К ИНТЕНСИФИКАЦИИ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

Наумов В.В., Ангельстам П.

Шведский Университет Сельскохозяйственных Наук, г. Упсала, Швеция
vladimir.naumov@slu.se

Спустя три столетия лесозаготовок в первичных лесах Россия рассматривает возможность увеличения объёма древесины с площадей, ранее пройденных рубками. Используя местный фронт лесозаготовок (район в Республике Коми), с целью выяснения возможностей и препятствий для интенсификации мы применили эколого-исторический подход. Он предусматривает оценку определённой территории с точки зрения истории лесопользования.

Мы восстановили летопись лесозаготовок за период 1700-2013, определив главные действующие силы, которые оказывали влияние на экономическую жизнь района, а также проанализировав ценности и идеологию, которые толкали вперёд лесопромышленную отрасль региона.

Чтобы воссоздать историю лесозаготовок, мы сделали литературный обзор и проанализировали изменение лесного покрова, дорожной сети и населённых пунктов. Для определения действующих сил и ценностей мы провели обзор литературы и интервью с несколькими группами-пользователями леса.

Наши результаты показывают, что после продолжительного периода выборочных рубок на нужды местного и республиканского значения, а также для экспорта за границу, лесные экосистемы района испытали значительной антропогенное воздействие во время становления СССР, когда впервые начали применяться сплошные рубки. Сегодня огромные площади на плодородном юге района заняты вторичными лесами, где лиственные породы доминируют. Такие площади должны использоваться в целях интенсификации лесного хозяйства. Сохранившиеся небольшие территории первичного хвойного леса следует сохранить для поддержания лесного биоразнообразия и социокультурных нужд.

ЭФФЕКТИВНОЕ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЕ В СОХРАНЕНИИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ

Пересторонина О.Н., Савиных Н.П., Гальвас А.Г.
ВятГГУ, г. Киров
olgaperest@mail.ru

Сосновые леса использовались человеком в течение большей части его исторического существования с разнообразными целями. В последние столетия они представляют собой основной и наиболее ценный источник древесины в северном полушарии Земли. Изъятие древесины до середины XX века не наносило особого ущерба природным объектам. В дальнейшем антропогенный прессинг усилился, и многие естественные хвойные сообщества, в том числе и в Кировской области, претерпели значительные изменения, вплоть до деградации. Осознание этого факта привело к

формированию в обществе идеи о признании сохранения биоразнообразия в качестве основы устойчивого его развития, что реализуется в настоящее время на международном, государственном и региональном уровнях [10, 1, 2]. Сохранение высокого уровня биоразнообразия растительного покрова требует пересмотра стратегии и тактики природопользования, а именно: сочетание сохранения биоразнообразия, как необходимого ресурса, с экономически целесообразной его эксплуатацией [3].

Биоразнообразие сообществ зависит не только от степени антропогенной нагрузки, но и особенностей/отсутствия антропогенной деятельности, что в большой степени проявляется на особо охраняемых природных территориях (ООПТ). В последнем случае, особенно в сосняках, начинается восстановление зональной растительности. Особое опасение вызывает состояние интразональных сообществ, особенно остепненных сосновых лесов в зоне темнохвойной тайги.

Модельной площадкой для оценки современного уровня биоразнообразия и его сохранения в таких сообществах в наших исследованиях с 2001 г. [4, 5, 6] стала ООПТ «Медведский бор» (Нолинский район Кировской области). В начале XX века здесь в сосняках на песчаных дюнах находили приют более 30 видов степных растений [8, 9]: *Stipa pennata* L., *Gypsophila paniculata* L., *Dianthus arenarius* L., *Dianthus borbasii* Vandas, *Potentilla heptaphylla* Willd. ex Schlecht., *Astragalus arenarius* L., *Dracocephalum ruyschiana* L., *Jurinea cyanoides* (L.) Reichenb., *Helichrysum arenarium* (L.) Moench и другие.

С 1962 года на данной территории как ООПТ отменена хозяйственная деятельность. Это привело к активному возобновлению в сосняках подроста ели и березы, которые создали достаточно сильное затенение. Возобновляется сосна только в единичных кварталах после проведенных рубок ухода. Поэтому в настоящее время многие сосняки в той или иной степени изменены елово-сосновые или еловые леса.

Ранее степняки произрастали в сосняках лишайниковых. В настоящее время степные элементы (7.9% от общего видового состава флоры этой территории) занимают песчаные холмы и гряды, распространяются по дорогам и просекам, вырубкам. Отдельные виды (*Stipa pennata*, *Helichrysum arenarium*) исчезли из состава растительных сообществ. Уменьшение освещенности привело к вытеснению степных элементов на край леса, обочины лесных дорог, в «окна».

Пестрота травянистого яруса постепенно исчезает в спелых и приспевающих сосняках, где в покрове доминирует *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Convallaria majalis* L., *Rubus saxatilis* L. и т.д. На северных склонах грядово-холмистого рельефа древесный полог сомкнут, лишайники вытесняются зелеными мхами, травяной покров беден. Основной древостой по-прежнему образует сосна с примесью ели в том же ярусе. Иногда еловый ярус преобладает. Здесь формируется сплошной покров из зеленых мхов, доминируют бореальные элементы трав. Тем не менее, видовой состав охраняемых степных видов в ООПТ в целом пока еще сохраняется.

Наши исследования показали, что без активного вмешательства в ход естественных процессов на территории ООПТ «Медведский бор» видовое разнообразие этой территории не сохранить. При поддержке Департамента экологии и природопользования Кировской области с 2010 года на территории бора проводится хозяйственная деятельность ООО «Нолинская лесопромышленная компания» (генеральный директор А.Г. Гальвас), которая в своей работе активно использует полученные нами ранее данные и ставит перед нами конкретные задачи по разработке мер содействия естественному возобновлению сосны и поддержанию биоразнообразия сосняков. В ходе работы были установлены возможные причины изменения биоразнообразия этой территории. Главные из них:

- 1) Естественная трансформация сосняков.
- 2) Высокая полнота насаждений, из-за чего лишайниковые боры трансформируются в зеленомошниковые и невозможно естественное возобновление сосны, для которого необходимо полнота не более 0.4-0.5.
- 3) Искусственные посадки на месте вырубленных площадей меняют генофонд сосны Медведского бора. Формирующиеся загущенные посадки не способствуют развитию полноценных деревьев и препятствуют заселению в них степных и широколиственных видов трав.

Предлагаем следующие мероприятия по сохранению уникальной территории Медведского бора:

1. При проведении санитарных выборочных рубок (СВР) назначать осветление до полноты древостоя 0.4-0.5. Одновременно изымать из состава сообщества подрост ели и березы.
2. Признать подростом целевой породы для сосняков исключительно молодые растения сосны, как вида, формирующего условия этого сообщества и способного существовать в специфических условиях песчаных дюн.
3. Рекомендовать в сообществах с выраженным подростом ели и в елово-сосновых лесах при СВР изымать в пасаках старые, больные деревья и валеж без обозначения процента изъятия древесины.

4. В елово-сосновых лесах практиковать постепенные чересполосные рубки (ЧПР). Исследования показали, что естественное возобновление сосняков на этой территории вполне обеспечивает необходимое число растений для нормального существования бора [7].

5. Рекомендовать при ЧПР сочетание их с СВР в пасаках с изъятием древесины до 30%. При этом будут исключены из состава древостоя подсоченные, старые и больные деревья и сформируются условия для естественного возобновления сосны.

Не все эти мероприятия возможны в рамках существующих правил заготовки древесины. Но без них невозможно сохранение и поддержание уникальнейшей территории в Кировской области. Поэтому предлагаем для этого участка опытно-производственные рубки обновления и особые хозяйственные мероприятия, обозначенные выше, в рамках эксперимента, которые необходимо рекомендовать при проведении лесотаксационных работ, и присвоении этой территории статуса экспериментальной площадки. Такая деятельность будет способствовать сохранению биоразнообразия Медведского бора и региона в целом, позволит разработать алгоритм хозяйственной деятельности в сосняках, обеспечивающий неистощимое природопользование для устойчивого развития основного биологического ресурса Кировской области – древесины.

Литература

1. Европейская стратегия сохранения растений: Совет Европы и «Планта Европа». М., 2003. 39 с.
2. Закон Кировской области «Об особо охраняемых природных территориях Кировской области» // Вятский край. 17 октября 2007 г. № 192–193.
3. Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России. М., 2000 г. 196 с.
4. Савиных Н. П., Смирнова О. В., Копысов В. А., Киселева Т. М., Пересторонина О. Н. Экспедиционные исследования по изучению флоры и растительности особо охраняемой природной территории «Медведский бор» / Депонировано в ВНИИЦ 18.01.02. Код ВНИИЦ 0203025360337. Инв № 02.200.200898.
5. Савиных Н. П., Пересторонина О. Н., Киселевой Т. М. Проблемы сохранения биоразнообразия сосновых лесов ООПТ «Медведский бор» // Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства: материалы Международной научно-практической конференция. Киров, 2012. С. 384-385.
6. Савиных Н. П., Пересторонина О. Н., Киселевой Т. М. Состояние и возобновление сосновых лесов ООПТ «Медведский бор» // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. № 1 (5). С. 1359-1362.
7. Савиных Н.П., Зыкин А.Е., Князев Е.В., Пересторонина О.Н. Естественное возобновление сосны обыкновенной в ООПТ «Медведский бор» // Бизнес. Наука. Экология родного края: проблемы и пути их решения: материалы всерос. науч.-практ. конф. Киров, 2013. С. 39–42.
8. Фокин А.Д. Краткий очерк растительности Вятского края // Вятский край. Вятка, 1929. С. 86-105.
9. Фокин А.Д. Три года работы геоботанического отряда Вятской почвенной экспедиции // Вятское хозяйство. Вятка, 1930, №2-3. С. 1-32.
10. Convention on Biological Diversity / Conference of the parties to the Convention on Biological Diversity. Hague, 2002.

ЛЕСА ВЫСОКОЙ ПРИРОДООХРАННОЙ ЦЕННОСТИ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Пликина Н.В.¹, Ефремов А.Н.²
¹ОмГПУ, г. Омск, ²ЗАО «ПИРС», г. Омск
tele-text@yandex.ru

Концепция лесов высокой природоохранной ценности (ЛВПЦ) впервые была предложена Лесным попечительским советом (FSC) в 1999 г., когда сохранение ЛВПЦ стало одним из требований для лесопромышленных компаний, желающих получить сертификат Лесного Попечительского Совета (Forest Stewardship Council, FSC). Выделение ЛВПЦ осуществлялось на территории Европейского севера России, Архангельской области, Республики Карелия, Республики Коми, Приангарья, Дальнего Востока и других регионов, в Западной Сибири подобные инициативы не нашли широкой реализации.

ЗАО «АВА компани» является FSC-сертифицированным предприятием с 2009 г. В рамках обеспечения ЗАО «АВА компани» ответственного лесопользования на арендованных лесных участках и соответствия процедур лесозаготовки требованиям Российского национального стандарта добровольной лесной сертификации по схеме Лесного Попечительского Совета выполнены работы по выделению ЛВПЦ, оценке степени экологической значимости и организации процедур

природопользования. Общая площадь лесов, находящихся в долгосрочной аренде у ЗАО «АВА компани», составляет 77 380,0 га в пределах Тарского, Тевризского и Седельниковского муниципальных районов Омской области.

Региональных руководств по ЛВПЦ для Омской области не разработано, как и иных добровольных нормативных инициатив по рациональному лесопользованию. В качестве основы использована классификация ЛВПЦ, предложенная ProForest при разработке глобального руководства при применении концепции ЛВПЦ [2] с принятыми в России изменениями [6; 8], а также рекомендации по определению ЛВПЦ отдельных типов [3; 5; 7].

Выделение ЛВПЦ проводилось методом визуального дешифрирования космоснимков с использованием материалов, полученных при полевых исследованиях и анализа опубликованных данных [1; 4]. Частичная верификация результатов дешифрирования выполнена в ходе полевых работ в течение полевых сезонов 2010 и 2013 гг. В ходе проводимых работ было выполнено комплексное исследование биоты и среды ее обитания для оценки биологического разнообразия растений, лишайников, грибов, животных и ландшафтного биоразнообразия.

Для арендуемых лесных участков установлено наличие мест концентрации редких и находящихся под угрозой исчезновения (ЛВПЦ 1.2) видов: *Tilia cordata*, *Paeonia anomala*, *Allium microdictyon*, *Platanthera bifolia*, *Dactylorhiza maculata*, *Dryocopus martius*, *Bufo bufo*, *Salamandrella keyserlingii*. Часть арендуемых земель в долине р. Уй входит в границы международной ключевой орнитологической территории ОМ-019 (ЛВПЦ 1.2). Кроме того, участки лесозаготовок частично совпадают с ключевыми сезонными местами обитания редких и промысловых животных (ЛВПЦ 1.4).

Северные районы Омской области (Усть-Ишимский, Тевризский, Тарский, Седельниковский) располагаются на условных территориях ЗС-13 и ЗС-14, в пределах которых находятся малонарушенные лесные участки. По результатам изучения картографических данных малонарушенных лесных участков и сопоставления их с арендованными лесными участками установлено, что такие участки присутствуют на исследуемых территориях (ЛВПЦ 2). Малонарушенные территории неоднородны, в их пределах могут быть выделены участки, отличающиеся высокой экологической значимостью: заболоченные участки леса в бессточных понижениях; окраины болот; суходолы, примыкающие к болотам, или находящиеся среди болот; участки леса вокруг постоянных и временных водных объектов; участки спелого и перестойного леса среди молодняков и средневозрастных древостоев.

В ЛВПЦ 3-го типа на территории лесных участков, арендованных ЗАО «АВА компани», потенциально можно определить следующий перечень редких и находящихся под угрозой исчезновения экосистем: леса с участием *Tilia cordata*; леса с доминированием *Pinussibirica*; леса с доминированием *Abies sibirica*; леса с участием *Larix sibirica*; крупные сфагновые болота; открытые осоково-гипновые топяные сообщества низинных болот.

В пределах арендуемых лесных участков установлено наличие следующих групп ЛВПЦ 4-го типа: охранные зоны водных объектов, защитные полосы лесов, расположенные вдоль железнодорожных и автомобильных дорог и противозерозионные леса. Относительно социально важных ЛВПЦ 5-го и 6-го типов усвоено, что интересы местного и коренного населения затрагиваются только в следующих аспектах: места сбора шишки сосны сибирской кедровой и сельскохозяйственные земли.

Общая площадь ЛВПЦ, выделенных на участках, находящихся в аренде у ЗАО «АВА компани», составляет 23569.4 га, что соответствует 30.5 % от территории аренды. Необходимо учесть, что площади многих типов ЛВПЦ совпадают, к таким территориям относятся поймы рек. На многих выделенных ЛВПЦ (болотные массивы, охранные зоны водных объектов) заготовка древесины предприятием не производится. Для каждого отдельного участка с учетом экологической значимости и интересов лесопользователя определены соответствующие меры охраны и действия лесопользователя. Подготовлены карты лесов высокой природоохранной ценности М 1:25 000 – 1:50 000. Часть выделенных лесов высокой природоохранной ценности нуждается в добровольном отчуждении и выделении их в качестве особо охраняемых природных территорий регионального уровня. Выделение ЛВПЦ на лесных участках, арендованных предприятием, нельзя считать окончательным, требуются дополнительные работы по полевому обследованию сообществ, необходима разработка актуальной картографической основы, в том числе с привлечением возможностей ГИС-систем.

Литература

1. Атлас Омская область. ФГУП «Омская картографическая фабрика», 2010. 328 .
2. Дженнингс С. Леса высокой природоохранной ценности: Практическое руководство / С. Дженнингс, Р. Нуссбаум, Н. Джадд, Т. Эванс. М., 2005. 184 с.

3. Дополнения к Практическому руководству по лесам высокой природоохранной ценности России / Сост. Т. О. Яницкая. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2011. 68 с.
4. Красная книга Омской области / Правительство Омской области, Омский государственный педагогический университет. Отв. ред. Г. Н. Сидоров, В. Н. Русаков. Омск: Изд-во ОмГПУ, 2005. 460 с.
5. Кулясов А., Кулясова И. Рекомендации по выявлению и сохранению ЛВПЦ 5–6 для Восточной Сибири // Устойчивое лесопользование. 2011. № 2 (27). С. 53–55.
6. Российский национальный стандарт добровольной лесной сертификации по схеме Лесного попечительского совета (версия 6.0). / Под ред. М. Л. Карпачевского и В. А. Чупрова. М.: Российская национальная инициатива Лесного попечительского совета, 2008. 142 с.
7. Яницкая Т. Выявление редких лесных экосистем: рекомендации по выявлению редких лесных экосистем, являющихся лесами высокой природоохранной ценности (ЛВПЦ 3) / Т. Яницкая, О. Смирнова, Н. Лащинский, Е. Бакун // Устойчивое лесопользование. 2007. № 2 (14). С. 23–27.
8. Яницкая Т. Практическое руководство по выделению лесов высокой природоохранной ценности в России. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2008. 136 с.

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ЛЕСНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ НЕИСТОЩИТЕЛЬНОГО И ДОХОДНОГО ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ

Починков С.В., Чумаченко С.И., Каракчиева И.В.
МГУЛ, г. Мытищи
iva.berg@mail.ru

Важнейшая роль в рациональном лесопользовании принадлежит лесному планированию, строящемуся на основе, как стратегического, так и тактического планов.

В ходе данного исследования разработана и обоснована система лесного планирования. Предлагаемая модель системы лесного планирования включает:

I. Долгосрочный план (стратегический) освоения и воспроизводства лесных ресурсов участкового лесничества, обеспечивающий постоянное, неистощительное и доходное пользование лесом (горизонт планирования 150 лет), включает:

- Лесоводственно-экономическое обоснование возрастов рубок и допустимого размера главного пользования лесом.
- Экономическое обоснование системы ведения лесного хозяйства (способы рубок главного и промежуточного пользования, способы лесовосстановления и пр.).
- Динамика лесного дохода и объемов заготовки древесины по главному и промежуточному пользованию лесом.
- Динамика расходов на охрану, защиту и воспроизводство лесов.
- Количественная оценка постоянства, неистощительности и доходности пользования лесом.
- Стратегия освоения и воспроизводства лесных ресурсов – инструмент лесоводственно-экономического обоснования системы воспроизводства лесов и финансовых ресурсов для ведения лесного хозяйства на уровне участкового лесничества [1].

II. Среднесрочный план освоения лесного участка (горизонт планирования 5-10 лет) включает:

- План развития дорожной сети (магистраль, ветки, усы).
- Экономическое обоснование типов покрытий лесовозных дорог.
- План рубок главного и промежуточного пользования лесом.
- План лесохозяйственных мероприятий по лесовосстановлению, уходам за молодняками, охране и защите лесов.
- Рентный доход лесопользователя.
- Расходы на ведение лесного хозяйства.
- Лесной бюджет лесопользователя (доходы и расходы).
- Арендную плату и дотации.

III. Программу развития и размещения лесозаготовительных и лесоперерабатывающих производств, охраны, защиты и воспроизводства лесов региона (горизонт планирования 10 лет), включающую:

- Сценарии развития транспортной инфраструктуры региона.
- Варианты прогноза потребления лесопродукции (внутрирегиональное потребление, экспорт – импорт).
- Оптимизацию схемы развития и размещения лесопромышленных производств по сценариям развития транспортной инфраструктуры и вариантам прогноза потребления лесопродукции (критерий - минимум производственных и транспортных затрат).

Проведенное исследование показало, что эффективная система лесного планирования невозможно без решения комплекса взаимосвязанных задач: экономическая оценка лесных ресурсов, обоснование платежей и финансовых средств на охрану, защиту и воспроизводство лесов, определение доступности лесных участков для промышленного освоения.

Литература

1. Починков С.В., Чумаченко С.И. Об интенсификации со знанием дела // Лесная газета. 2014, № 6.

ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ТЕРРИТОРИИ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ НА ЗЕМЛЯХ ЛЕСНОГО ФОНДА: ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ОХРАНЫ

Пушай Е.С.¹, Тюсов А.В.²
ТвГУ, Экологический центр, г. Тверь
pushai@rambler.ru

Особо охраняемые территории на землях лесного фонда: проблемы управления и охраны.

Территория Тверской области расположена в лесной зоне, в подзоне южной тайги, переходящей в смешанные широколиственно-хвойные леса. Леса - основной зональный тип растительности в Тверской области. Главные лесообразующие породы – ель, сосна, береза, осина, ольха, дуб [2]. Распределены разные типы лесов по области очень неравномерно, что связано с двумя причинами – различиями природных условий и хозяйственной деятельностью человека.

Важнейшими направлениями мониторинговых исследований растительного покрова является регулярное слежение, оценка, анализ и прогноз динамики лесопокрываемых территорий. Особое внимание должно уделяться оперативному мониторингу лесов. Цель которого - предотвращение и ликвидация последствий ситуаций, приводящих к утрате лесного фонда. Факторами утраты лесов являются лесные пожары, незаконные рубки, поражение лесов заболеваниями, изменение гидрологического режима, избыточная рекреационная нагрузка и др. В свою очередь сокращение сельскохозяйственного производства региона является фактором увеличения площадей лесопокрываемых территории.

Актуальной задачей является организация мониторинга особо охраняемых природных территориях, расположенных на землях лесного фонда.

Общая площадь лесного фонда Тверской области в соответствии с Лесным планом (2012) составляет 4875.6 тыс. га. Поскольку не все лесопокрываемые территории относятся к землям лесного фонда при организации мониторинга необходимо учитывать и земли прочих категорий. Общая площадь лесов Тверской на землях различных категорий составляет 5094 тыс. га, в т.ч. 2048.3 тыс. га – защитные и 3045.7 тыс. га – эксплуатационные леса. В составе лесов области преобладают мягколиственные насаждения (56.9%), доля хвойных – 43.1%, твердолиственные породы практически отсутствуют (менее 0.02%) [1].

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) являются одной из наиболее действенных мер охраны и поддержания устойчивого характера лесопользования на территории региона. К настоящему времени на территории Тверской области образовано 1039 ООПТ: Центрально-Лесной государственный заповедник (ЦЛГПБЗ), 633 государственных природных заказников (ГПЗ), 403 памятника природы (ПП), 1 ботанический сад. Кроме того, на территории Тверской области расположен Госкомплекс «Завидово», которому присвоен статус национального парка. Общая площадь ООПТ - более 1.2 млн. га, что составляет 12% от площади Тверской области [3].

Леса играют важную роль в сети ООПТ региона. Существенная часть региональных заказников и памятников природы расположена на землях лесного фонда. 654 ООПТ (в т.ч. 524 государственных природных заказника и 130 памятников природы). Общая площадь ООПТ в пределах лесного фонда Тверской области составляет около 819 тыс. га. В связи с тем, что на сегодняшний момент границы региональных ООПТ не согласованы с земельным кадастром, возникают сложности с определением границ и несогласованностью режимов использования земель. Для повышения эффективности рационального использования лесного фонда необходимо проведение работ по согласованию кадастров ООПТ, лесов и земель на территории Тверской области как основы проведения комплексного мониторинга земель. Последующими задачами являются выявление современных границ и составления карты-схемы ООПТ Тверской области, находящихся на землях лесного фонда и определения возможность управления этими территориями в пределах региона.

Литература:

1. Лесной план Тверской области. Приложение к постановлению Губернатора Тверской области от 14.01. 2013 №1-пг. Тверь, 2012. 315 с.
2. *Невский М.Л.* Растительность Калининской области / М.Л. Невский // Природа и хозяйство Калининской области. Калинин, 1960. С. 287–389.
3. *Сорокин А.С., Тюсов А.В., Пушай Е.С., Кириллова Т.М., Кравченко П.Н.* Формирование экологической сети как основа сохранения ландшафтного и биологического разнообразия Тверской области // Географические основы формирования экологических сетей в России и Восточной Европе. Ч. 1. Материалы электронной конф. (1-28 февраля 2011 г.). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. С. 253-256.

НОВЫЕ КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДРЕВОСТОЯМИ

Рогозин М.В.
ПГНИУ, г. Пермь
rog-mikhail@yandex.ru

Концепции вытекают из работ, посвященных изучению инициируемой человеком эволюции лесов. Развитие древостоев обычно связывают с жестким естественным отбором и конкуренцией. Однако при создании плантационных культур требуется материал с особыми свойствами, а именно, с успешным ростом в условиях слабой конкуренции. И эта искусственная эволюция должна быть как-то увязана с эволюцией естественной. Вопрос имеет множество аспектов и в наших работах [2, 3] обсуждаются выдвинутые в 1965-1999 г. концепции «фитогенного поля» А.А. Уранова, «эффект группы» Ю.В. Титова для травянистых растений, а также более сложные процессы, обнаруженные В.М. Горячевым в 180-летних девственных древостоях ели и пихты, где деревья с близким типом прироста росли на расстоянии, а с разной его динамикой образовывали био группы. Существовала и концепция И.С. Марченко о биополе и биоактивных зонах Земли в древостое, влияющих на его развитие и структуру, появление био групп и прогалин. Сильнейшее взаимодействие между деревьями обнаружили в 1976 г. и составители таблиц хода роста для ели Л.В. Кайрюкшис и А.И. Юодвалькис, выражающееся в том, что за 2-3 года до смыкания культур у боковых ветвей их прирост резко падал, а после перекрытия крон частично восстанавливался. При изучении пространственной структуры насаждений было выяснено, что около половины деревьев растут в био группах, и они являются своеобразным атрибутом древостоя, но причины их образования остаются не понятными. Показательно, что в опытах с рубками ухода С.Н. Сеннов в 1999 г. пришел к выводу о том, что разреживание био групп не приводит к существенному увеличению прироста у оставшихся деревьев [4]. В пологе древостоя происходят главные коллизии его развития. Так, на Урале для 320 деревьев сосны в возрасте 41-48 лет определили их площади питания несколькими методами [4, с. 323], и в наиболее точных из них прирост площадей сечения имел корреляционные отношения с площадью питания 0.62-0.92, т.е. был детерминирован ресурсами горизонтального пространства в среднем на 59%. На генетическую обусловленность можно отнести еще 5-10%. В сумме они дают детерминацию 65-70%, и остается еще «что-то» неизвестное, определяющее остальные 30-35% изменчивости размеров дерева. Выяснить этот остаток помогут, в том числе, и исследования по дисимметрии популяций. Оказалось, что популяции у хвойных генетически двойственны и состоят из левых и правых изопопуляций. Левые формы отличаются светолюбием и ксерофитностью, а правые требовательны к влаге и тенивыносливы. На сухих почвах чаще встречаются и лучше растут левые, а на влажных – правые формы. Эти их свойства в густых культурах благоприятны для правых форм и они превосходят левые по встречаемости и скорости роста; в плантационных культурах наоборот, лучше растут и более многочисленны левые формы, причем даже в несвойственных для них влажных условиях [1]. Следует отметить, что частоты правых и левых форм стремятся к соотношению 0.38:0.62, близкому к «золотому сечению», в котором проявляются универсальные законы Вселенной. В отношении же выращивания и управления лесами важно знать общие законы их развития. Однако обращение к многочисленным таблицам хода роста нас разочарует – они используются в таксации, но не применяются в лесовыращивании. Сейчас остро понимается их несовершенство, так как при их разработке учитывали в основном технические и не учитывали главные биологические параметры – биомассу, объем кроны, объем листвы. Заметим, что древесину производит фотосинтезирующий аппарат, определяемый объемом крон. И чем больше их объем, тем больше прирост древесины как одного дерева, так и всего древостоя. Именно здесь и нашелся ключ к причинам различий в росте древостоев, который позволил выяснить законы их развития и найти универсальную формулу для расчета оптимальной густоты древостоев в любом возрасте, защищенную авторским свидетельством [2, с. 201]. Одним из главных итогов этих

исследований явилось то, что объем кроны в древостое определяется его начальной густотой, которая детерминирует и пределы текущего прироста. После его пика (в ельниках он наступает в 25–40 лет) древостой адаптирован именно к своей линии (модели) развития, обладает ее инерцией и изменить ее почти невозможно. В этот период деревья, сохраняя свою численность, «сжимают» и формируют кроны малого объема, поэтому «фаза чащи» уже нечувствительна к изменению типа роста. Вероятно, в это время С.Н. Сенновым как раз и были заложены опыты по рубкам ухода, с выводом о невозможности повышения производительности древостоев регулированием их густоты. Однако новейшие исследования плантационных культур убеждают, что управлять развитием древостоя можно очень эффективно, если регулировать густоту намного раньше, в 1-2 классе возраста. Тем не менее, практика рубок ухода не приемлет эти новые веяния. Так, применяемые ныне прореживания и проходные рубки с волоками до 5 м давно вызывают недоумение – какова их биологическая цель? «Экономический эффект» их высок, но их применение разрушительно для лесов. Рубки эти, с давними традициями, как «священную корову лесоводства», даже не пытались обосновать при кардинальном их изменении (увеличении площади волоков до 15% от площади лесосеки) в 1980-е годы. По-сути, для уборки ослабленных деревьев в древостое вырубает, без всяких на то биологических оснований, каждое седьмое дерево! Поистине, название «рубки дохода» для них более точное. Сейчас миллионы гектаров полей зарастают лесами. Возникла уникальная возможность превратить их в высокопродуктивные для России коммерческие проекты по плантационному выращиванию лесов, где лес садить уже не надо и где затраты на уход (осветления, регулирование густоты, дополнения) имеют 50-100-кратную окупаемость. Естественно, отдача вложений произойдет через 40-50 лет и нужна помощь и добрая воля государства. Требуются незамедлительные решения по определению статуса зарастающих лесом земель: возврат в сельхозпользование или передача в лесной фонд. И условия их аренды должны быть изменены на привлекательный для инвестиций механизм. США преодолели Великую депрессию 1930 г. вложением громадных бюджетных средств в дороги, и страна вышла из нее победителем. Россия может вложиться не только в дороги, но и в леса.

Работа выполнена за счет финансовой поддержки со стороны Министерства образования и науки России в рамках базовой части.

Литература

1. Голиков А.М. Эколого-диссимметрический подход в генетике и селекции видов хвойных. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 162 с.
2. Rogozin M.V., Razin G.S. Лесные культуры Теплоуховых в имени Строгановых на Урале: история, законы развития, селекция ели. Издание второе. Пермь: ПГНИУ, 2012. 210 с. : <http://www.elibrary.ru>; www.psu.ru.
3. Rogozin M.V. Селекция сосны обыкновенной для плантационного выращивания. Пермь: ПГНИУ, 2013. 200 с.: <http://www.elibrary.ru>; www.psu.ru.
4. Чернов Н.Н., Соловьев В.М., Нагимов З.Я. Методические основы лесокультурных исследований. Екатеринбург: УГЛУ, 2012. 421 с.

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСАМИ НА САХАЛИНЕ

Сабиров Р.Н.
ИМГиГ ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск
renat@imgg.ru

Леса на острове Сахалин до активного заселения людьми почти полностью покрывали его территорию. Более 80% из них составляли хвойные леса, образованные главным образом из ели аянской (*Picea ajanensis*), пихты сахалинской (*Abies sachalinensis*) и лиственницы Каяндера (*Larix cajanderi*). В течение истекшего века леса служили одним из основных природных ресурсов и активно эксплуатировались. В частности, строительство японцами на юге Сахалина целлюлозно-бумажных заводов привело к резкому увеличению рубок леса, объемы которых к концу 30-х годов прошлого столетия достигали 5-6 млн. куб. м в год. При таких интенсивных темпах рубок к 1945 г. практически все доступные и наиболее продуктивные темнохвойные леса южной части острова были пройдены рубками главного пользования и соответственно особо ценные насаждения ели и пихты оказались элиминированными.

В северной части Сахалина структура лесного покрова была нарушена не только промышленными рубками, но также обширными геолого-геофизическими изысканиями, строительством и эксплуатацией объектов нефтегазодобывающего комплекса. В настоящее время, в

связи с активизацией международных нефтегазовых проектов на шельфе острова, масштабы преобразования лесной растительности лишь возросли. Вследствие этого на наиболее интенсивно осваиваемых нефтепромысловых участках лесные ландшафты трансформировались в техногенные. Кроме этого, при сельскохозяйственном освоении и мелиорации земель, полностью были истреблены долинные интразональные лесные комплексы крупных рек Сахалина.

Однако наибольшее негативное влияние на таежную растительность острова оказали лесные пожары, в основном антропогенного происхождения. С 1945 г. на Сахалине произошло более 6 тыс. лесных пожаров и соответственно ими было пройдено свыше 20% площади гослесфонда. Особенно крупные лесные пожары произошли в 1945, 1949, 1950, 1954, 1963, 1975, 1983, 1989, 1998, 2003 гг. В частности, во время военных действий 1945 г. на юге острова выгорело свыше 800 тыс. га лесов, затем в 1949 г. – около 354 тыс. га, 1950 г. – 207, 1954 г. – 435 тыс. га. На севере Сахалина за последние 25 лет катастрофический лесной пожар произошел в 1989 году, когда на территории Охинского и Ногликского районов сгорело свыше 13 млн. куб. м. леса на площади более 200 тыс. га. В 1998 году основные очаги лесных пожаров также были сосредоточены на севере острова, где выгорело около 80 тыс. га лесов.

Безусловно, сложившиеся формы экстенсивного использования лесных ресурсов Сахалина многократно подорвали их запасы, обострили социально-экономическую и экологическую ситуацию в регионе. Если расчетная лесосека в 1960 г. достигала 13 млн. куб. м, то к 1975 г. она снизилась до 8 млн куб. м, а с 1988 г. уже составляла 6 млн куб. м, в 1995 г. оказалась на уровне 4 млн куб. м, в настоящее время немногим превышает 3 млн куб. м. Однако расчетная лесосека никогда не использовалась в полном объеме. Фактически предприятия лесного комплекса Сахалина с 1955 по 1991 гг. заготавливали ежегодно около 3–3.5 млн куб. м древесины. Затем произошло резкое сокращение объемов лесозаготовок, что было вызвано, наряду с известными экономическими реформами в стране, и развалом крупной отраслевой структуры региона - «Сахалинлеспрома». Кроме этого, снижение размеров рубок главного пользования было обусловлено сокращением технологически доступных лесов и истощением лесных ресурсов острова в целом. В этой связи, доступная расчетная лесосека в настоящее время составляет около 2 млн куб. м, а фактически заготавливается в среднем 250-500 тыс. куб. м в год. Расчетная лесосека используется только по хвойному хозяйству, при этом, из-за высоких транспортных расходов, в основном вывозится лишь высокосортная древесина, а остальная часть, порой достигающая 40–50%, остается на делянках. Разумеется, в современных условиях лесные ресурсы Сахалина используются крайне неэффективно и нерационально.

Масштабные лесные пожары, многолетние промышленные рубки и другие антропогенные воздействия кардинально изменили первоначальную структуру лесного покрова Сахалина, привели к существенной трансформации и фрагментации. При этом основная часть зональных темнохвойных лесов острова много лет уже замещена производными каменноберезняками. В южных районах Сахалина огромные площади вырубок и гарей прочно заняты курильским бамбуком, заросли которого практически не дают возможности основным лесообразующим породам восстанавливаться естественным путем. На горях северной части острова, из-за отсутствия источников семян и специфических природных условий, образовались лишайниковые пустоши. Степень антропогенной трансформации коренных лесов в настоящее время составляет в среднем по Сахалину 50-60%, а в отдельных районах до 90%, что обусловило резкое снижение защитно-регулирующих и средообразующих функций лесных экосистем. В этой связи на острове, отличающимся горным рельефом, частыми и обильными осадками, активизировались экзогенные процессы: эрозия почв, селевые потоки, снеголавины, аккумуляция наносов и пр. Сведение лесов в водосборных бассейнах привело к усилению наводнений и заиливанию рек, снижению уровня грунтовых вод, нарушению водного баланса, гидрологического и термического режимов нерестилищ ценных лососевых рыб.

В сложившейся ситуации для оздоровления экологической обстановки и вывода из кризиса систему лесопользования на Сахалине, необходима кардинальная перестройка лесной политики, смена устоявшихся парадигм и переход к устойчивому управлению лесами. В этом аспекте проблемы охраны, восстановления леса и неистощительного лесопользования приобретают особую актуальность и требуют сбалансированности социальных, экономических и экологических интересов. В первую очередь, чтобы получить объективную картину современного состояния лесов Сахалина, надо провести полную инвентаризацию лесного фонда и дать общую кадастровую оценку лесных земель. Принимая во внимание несовершенство учета лесного фонда, недостаточную точность и информативность получаемых материалов, необходимо изменить подходы и принципы таксации лесов, повысить точность лесосучетных работ и дифференцировать нормы лесопользования по водосборным бассейнам. При этом непременно следует учитывать защитные, водорегулирующие, климатообразующие и другие геоэкологические функции лесов. Наиболее важным шагом является также составление с использованием ГИС-технологий интегральной карты, отражающей специфику

лесорастительных условий, неоднородность лесоресурсного потенциала, антропогенных нагрузок и создавшихся природоохранных проблем, а в итоге экологической напряженности территории в целом. Исходя из вышеперечисленных проблемных составляющих, следует провести многоуровневое природно-экологическое зонирование и ресурсно-типологическое районирование лесных земель, которые послужили бы основой для процессов оптимизации лесопользования и устойчивого управления лесами Сахалина.

Для улучшения экологической ситуации в регионе следует проводить ускоренные работы по воспроизводству лесов на деградированных лесных землях, на вырубках и гарях. При этом для искусственного лесовосстановления использовать аборигенные лесообразующие породы, создавать преимущественно смешанные лесные культуры, как наиболее устойчивые и отвечающие самой природе сахалинских лесов.

И, наконец, необходимо полностью изменить сложившуюся систему одностороннего лесопользования, направленную только на получение древесины. В условиях отсутствия большого спроса на этот вид сырья на внутреннем рынке и современных высоких транспортных тарифах, наиболее рациональным является использование недревесных ресурсов леса. Последние имеют на острове довольно существенные запасы и пользуются постоянно растущим спросом и популярностью не только в регионе, но и в странах АТР. Свою роль в устойчивом управлении лесами может сыграть развитие экотуризма на острове. В целом, лесопользование надо интегрировать в общую концепцию природопользования на Сахалине и приоритет, бесспорно, должно иметь лесосеющее хозяйство. Леса при этом будут выполнять свои водорегулирующие, почвозащитные, средообразующие и другие важные экологические функции, обеспечивать сохранность и оптимальное качество нерестилищ.

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ВИДОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СФЕРЕ ТУРИЗМА КАК НОВЫЙ ВИД ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСОВ

Смирнов С.И.
ФГБОУ ВПО БГИТА, г. Брянск
SI-Smirnov@yandex.ru

В настоящее время вопросам развития внутреннего и въездного туризма, на территории Российской Федерации уделяется большое внимание. При этом в качестве одной из платформ в развитии индустрии туризма следует рассматривать лесной фонд, ведение предпринимательской (в том числе туристской) деятельности на территории которого в соответствии с действующим лесным законодательством должно осуществляться на основе проектов освоения лесов.

Однако порядок осуществления туристской деятельности на участках лесного фонда в лесном законодательстве практически не обозначен (за исключением разделов, посвященных рекреационной деятельности) и практически не обозначен в лесных планах и лесохозяйственных регламентах и, следовательно, в проектах освоения лесов.

Прописанный в Приказе Федерального агентства лесного хозяйства «Об утверждении состава проекта освоения лесов и порядка его разработки» (от 29 февраля 2012г. № 69) порядок представления участков лесного фонда для "Осуществления рекреационной деятельности" (подраздел 19) не позволяет по разным причинам эффективно использовать территорию лесного фонда для туристских целей в соответствии с требованиями Федерального закона "Об основах туристской деятельности в Российской Федерации" (от 24 ноября 1996 года N 132-ФЗ).

Выход из создавшегося положения может быть найден в выделении туристской деятельности на территории лесного фонда Российской Федерации в самостоятельный вид использования лесов, с последующей обозначением его в лесном законодательстве, лесных планах и лесохозяйственных регламентах, а также в проектах освоения лесов в форме подраздела **«Осуществление видов деятельности в сфере туризма»**.

По нашему мнению, в проектах освоения лесов туристская деятельность может быть реализована в контексте принципов, заложенных в упомянутом приказе в подразделе 16, посвященном «Осуществлению видов деятельности в сфере охотничьего хозяйства»:

- 1) основные параметры и нормативы использования лесов для осуществления видов деятельности в сфере туризма в соответствии с лесохозяйственным регламентом;
- 2) характеристика туристского потенциала арендуемого участка лесного фонда;
- 3) сведения о туристских объектах и образованиях расположенных на территории арендуемого участка лесного фонда, видах и объемах их использования в туристских целях и проектируемые мероприятия по их охране;
- 4) проектируемый объем рубок лесных насаждений на лесных участках, предназначенных для осуществления видов деятельности в сфере туризма;

5) ведомость лесотаксационных выделов, в которых проектируется проведение туристских мероприятий, и их пространственное размещение (тематическая лесная карта).

На ближайшую перспективу следует разработать нормативно-правовое обеспечение лесного туризма и, в первую очередь, по отношению к биотуристским ресурсам [1, 2] определить и законодательно закрепить понятийный аппарат, принципы и стандарты оказания туристских услуг на территории лесного фонда, а также обосновать методологию и технологию туристского устройства лесных территорий, арендуемых для туристских целей [3].

Литература

1. Смирнов С.И. Основы управления интегральными биотуристическими ресурсами как составной частью природных туристических ресурсов / Смирнов С.И. // Экологический туризм: тенденции, и перспективы развития в условиях глобализации: Материалы II международного семинара – СПб: Издательство СПбГЛТА, 2010. - С.153-155.
2. Смирнов С.И. Биотуристические ресурсы лесных и других экосистем и перспективы их освоения на территории европейской части России / Смирнов С.И. // Лесной журнал, 2011, №2. – С. 46-48.
3. Смирнов С.И. К вопросу об осуществлении на территории лесного фонда видов деятельности в сфере туризма / Смирнов С.И. // Лесопользование, лесостроительство и лесозащита – настоящее, будущее: Материалы научно-практической конференции (11-13 октября 2012г.). – Брянск: БГИТА, 2012. – С. 44-46.

СОСТАВ И СТРУКТУРА ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ ЮГО-ЗАПАДНОГО ПОДМОСКОВЬЯ: КЛАССИФИКАЦИЯ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ

Черненко Т.В.¹, Морозова О.В.², Пузаченко М.Ю., Беляева Н.В.¹, Попов С.Ю.³
¹ЦЭПЛ РАН, г. Москва, ²ИГ РАН, г. Москва, ³МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва
chernenkova50@mail.ru

Закономерности организации лесного покрова (на примере Московской области) исследованы с помощью картографической модели, полученной на основе оригинальных данных и дистанционной информации. При классификации лесной растительности использован эколого-фитоценотический подход. Выделенные единицы согласуются с категориями основных направлений классификации растительности, используемыми в отечественной геоботанической школе: тип растительности – подтип растительности – класс формаций – группа формаций – формация – класс ассоциаций – группа ассоциаций – ассоциация [4, 8, 9 и др.]. Однако в предлагаемом варианте для однозначного выявления и интерпретации картографируемых единиц с помощью спутниковых снимков уточняется содержание ряда категорий по части признаков и семантики классифицируемых объектов. Очевидно, что на разных иерархических уровнях особенности организации растительного покрова определяются различным соотношением ключевых факторов. Ниже изложено содержание используемых дефиниций лесной растительности соответствующим основным природно-климатическим и эколого-географическим подразделениям.

Переход от классификации к легенде представляет собой элемент научной генерализации, поскольку между классификационными схемами и легендами геоботанических карт не наблюдается полной аналогии [3]. При разработке структуры легенды карты растительности на основе разработанных классификационных единиц используются тематические сюжеты с учетом главным образом сочетаний разных ключевых факторов, действующих на разных иерархических уровнях организации растительного покрова.

Особенность используемого подхода при разработке карт растительного покрова заключается в совместном анализе данных наземных и дистанционных исследований [11]. В его основе лежит пошаговый дискриминантный анализ, в результате которого определяются переменные, в наибольшей степени разделяющие классы растительных сообществ, выделенные в ходе наземных исследований [6]. Использование значений дискриминантных осей (изменение вклада и/или исключение) дает возможность моделировать пространственную дифференциацию анализируемых классов растительности в зависимости от прогнозируемых изменений соответствующих им факторов. Наличие статистически значимых взаимосвязей между классами сообществ и «внешними» переменными позволяет провести интерполяцию исследуемых классов для всей модельной территории, а также интерпретировать отображаемое ими пространственное варьирование с точки зрения различных факторов. Общее относительное качество дискриминантного анализа на низшем уровне классификации для групп ассоциаций, составляет в среднем 70-80%.

На основе наземных и дистанционных данных выявлено типологическое разнообразие растительного покрова юго-западной части области. Половина всех лесов в целом (49.4%) относятся

к категории длительнопроизводных антропогенных модификаций, представленных в основном производными мелколиственными сообществами. На втором месте по распространенности – короткопроизводные модификации (33.8%), в составе которых прослеживается отчетливая динамика замещения раннесукцессионных мелколиственных пород коренными. Коренные леса занимают не более 5% лесопокрытой площади. На долю культур приходится 12%.

Основную долю в структуре зональных коренных лесов исследуемой территории составляют смешанные леса (37%), бореальные варианты хвойных лесов составляют 10%, субнеморальные – 26%. Широколиственные леса занимают всего 18% от коренных типов в целом и распространены лишь в юго-восточной части участка. Коренные мелколиственные сообщества из ольхи и березы пушистой встречаются единично (в составе коренных – 13%) [10].

Разработана первая версия карты современной лесной растительности юго-западного Подмосковья, характеризующая состояние условнокоренных и производных типов сообществ. Использование различных источников пространственных данных, наряду с методами статистического анализа, позволяет не только получить карту растительного покрова, но и выделить основные факторы его дифференциации на региональном уровне. К основным факторам пространственной неоднородности лесной растительности юго-западного Подмосковья относится длительное антропогенное воздействие и естественная динамика, однако, по ряду условнокоренных и короткопроизводных типов сообществ отчетливо прослеживается их ландшафтная приуроченность, отмеченная многократно в предыдущих исследованиях по региону [1, 2, 5, 7].

Литература

1. *Абатуров А.В.* Из истории лесов Подмосковья // Динамика хвойных лесов Подмосковья / Л.П.Рысин, А.В.Абатуров, Л.И.Савельева и др. М.: Наука. 2000. С. 22-32.
2. *Анненская Г.Н., Жучкова В.К., Калинина В.Р., Мамай И.И., Низовцев В.А., Хрусталева М.А., Цесельчук Ю.Н.* Ландшафты Московской области и их современное состояние. Смоленск: СГУ, 1997. 296 с.
3. *Грибова С.А., Исаченко Т.И.* Картирование растительности в съемочных масштабах // Полевая геоботаника. Л.: Наука, 1972. Т. 4. С. 137–330.
4. *Лавренко Е.М.* Об очередных задачах изучения географии растительного покрова в связи с ботанико-географическим районированием // Основные проблемы современной геоботаники. Л. 1968. С. 45-69.
5. *Огуреева Г.Н., Сулова Е.Г.* Принципы составления легенды среднемасштабной карты растительности Московской области // Экологические исследования в Москве и Московской обл.: Состояние растительного покрова. Охрана природы. Отд-ние общ. биол. РАН. М., 1992, с. 139-163.
6. *Пузаченко Ю.Г.* Математические методы в экологических и географических исследованиях. М.: АCADEMA. 2004. 416 с.
7. *Рысин Л.П.* Леса Южного Подмосковья. М.: Наука, 1985. 280 с.
8. *Сукачев В.Н.* Основные понятия лесной биогеоценологии // Основы лесной биогеоценологии. Под ред. В.Н. Сукачева и Н.В. Дылиса. М.: Наука, 1964. 574 с.
9. *Шенников А.П.* К созданию единой классической классификации растительности // Проблемы ботаники, 6. 1962
10. *Черненко Т.В., Козлов Д.Н.* Динамика лесов Подмосковья по материалам космической съемки // Земля из космоса — наиболее эффективные решения. 2009. № 1. С. 22-26.
11. *Puzachenko M.Yu., Chernenkova T.V.* Assessment of the vegetation cover conditions for the central part of the Murmansk region based on field and remote sensing data // Geography, Environment, Sustainability. N 3, Vol. 5. 2012. P. 4-13.

СЕКЦИЯ 2. СОСТОЯНИЕ И ДИНАМИКА ЛЕСНОГО ПОКРОВА

ВОЗОБНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В СТАРОВОЗРАСТНЫХ ЛЕСАХ БЛИЖНЕГО ПОДМОСКОВЬЯ: ВЫВОДЫ ИЗ 30-ЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА НА ПОСТОЯННЫХ ПРОБНЫХ ПЛОЩАДЯХ

Абатуров А.В.¹, Браславская Т.Ю.², Королева С.Ю.³
¹Институт лесоведения РАН, п/о Успенское, ²ЦЭПЛ РАН, г. Москва, ³Университет «Дубна»
(филиал «Угреша»), г. Дзержинский
t-braslavskaya@yandex.ru

Многолетние исследования состояния и динамики лесов Подмосковья (в границах лесопаркового пояса г. Москвы) были начаты в середине 1970-х годов по инициативе Института лесоведения РАН (тогда – Лаборатория лесоведения). Для проведения исследований подбирали участки размером не менее 50х50 м со спелыми и перестойными деревьями, не имеющими признаков ослабления, с отсутствием или минимальным числом сухостойных и суховершинных деревьев. В выбранных участках закладывали постоянные пробные площади (ППП) для многолетних исследований; их программа, содержание и первые результаты ранее публиковались [1, 3, 4]. Исследования были начаты с лесов «Лосиного Острова», где старолесья больше и лучше сохранились, а также была возможность использовать архивные сведения по истории лесопользования [2].

Благодаря систематичной организации работ, многократным повторным обследованиям ППП, неперенному сохранению и восстановлению нумерации деревьев, были получены новые данные по лесоводственным свойствам основных лесобразующих видов. В настоящей публикации обсуждаются результаты наблюдений в 4-х еловых насаждениях и 1-м березовом. Все они сформировались под влиянием деятельности человека, а в настоящее время, через 30 лет после начала наблюдений, распадаются – быстро или медленнее, под влиянием возраста, ветровала и бурелома, вредителей и болезней.

В 4-х рассматриваемых еловых насаждениях деревья ели в момент первого обследования относились к одному элементу леса [5], поскольку их распределение по диаметру ствола было непрерывным и почти везде мономодальным (хотя и растянутым в диапазоне более 20 см). Это позволяет заключить, что в каждом насаждении формирование ценопопуляции ели включало всего лишь один этап, а наблюдения на местности и изучение архивных сведений об истории природопользования свидетельствуют, что таким этапом была посадка или же естественное заселение елью участка, освободившегося после сельскохозяйственного использования или пройденного пожаром. Возраст деревьев ели при закладке ППП составил 90-130 лет, то есть в каждом насаждении семеношение ели должно было начаться еще за несколько десятилетий до начала наблюдений, результатом чего должен был бы стать новый этап динамики – появление подроста; это отразилось бы в распределении деревьев по диаметру ствола в виде подъема в крайней левой части диапазона (ступени 2 и 4 см). Вопреки таким ожиданиям, в 3-х еловых насаждениях при первом обследовании совсем не были обнаружены ни живые, ни сухие экземпляры ели с таким диаметром, что указывает на наличие препятствий для возобновительных процессов в ценопопуляциях. 4-е из рассматриваемых еловых насаждений выделялось тем, что в момент первого обследования максимум распределения деревьев по диаметру ствола был растянут в особенно широком диапазоне (10-42 см) и присутствовали единичные экземпляры ели в ступенях диаметра 2 и 4 см. Детальное изучение возрастной структуры ценопопуляции на основе выборки модельных деревьев (250 экз.) позволило заключить, что здесь первоначально созданные культуры ели были дополнены в середине XX века [3]. Дополнительно посаженные деревья достигли к моменту закладки ППП (1980 г.) 50-65-летнего возраста и имели диаметр ствола 6-30 см. Однако в ходе дальнейших многолетних наблюдений за прунумерованными деревьями выяснилось, что именно они выпали из древостоя в первую очередь. И можно с большим основанием думать, что экземпляры ели с диаметром 4 см представляли собой наиболее угнетенные из дополнительно посаженных, а не результат более позднего семенного возобновления.

При анализе результатов повторных обследований ППП были выявлены две общие для всех еловых насаждений тенденции:

1. Распределение деревьев ели постепенно становилось по своим параметрам все ближе к нормальному (характерному для максимального развития одного элемента леса), поскольку произошло отмирание угнетенных деревьев и увеличение размеров у нормально развивающихся. Это наблюдалось даже в том насаждении, где росли дополнительно посаженные деревья ели, и

свидетельствует о том, что они не сформировали самостоятельный элемент леса, а включились в состав ранее существовавшего, где оказались самой угнетаемой группой.

2. За 30 лет наблюдений не произошли существенные изменения в крайней левой части распределения (самые малые диаметры), которая должна отражать результаты возобновления. Таким образом, процессы возобновления ели в обсуждаемых насаждениях не стали более интенсивными и успешными, чем ранее, и по-прежнему не создали предпосылок для восстановления ценопопуляций ели после отмирания деревьев, обусловленного их старостью или катастрофически разрушительными внешними воздействиями.

В связи с этим важно обсудить вопрос, как идет в еловых насаждениях возобновление других видов деревьев, например, теневыносливых – липы и клена. Они были многочисленными только на 2-х ППП, где в момент начала наблюдений распределение деревьев по диаметру у них было непрерывным и асимметричным с одним левосторонним максимумом (ранняя стадия развития самостоятельного элемента леса). В последующие десятилетия у этих распределений уменьшалась амплитуда максимума, но не сдвигалось вправо положение ни максимума, ни общего диапазона, то есть развитие элемента леса было заторможено. Каковы возможности липы и клена сформировать новое насаждение после распада предыдущего елового и какова может быть структура нового насаждения – пока что остается не выясненным.

В обсуждаемом березовом насаждении (спелом в момент первого обследования) ель, липа и клен сформировали самостоятельные подчиненные элементы леса с асимметричным левосторонним распределением деревьев по диаметру. В ходе повторных обследований ППП до начала распада березового древостоя у всех этих видов было выявлено (так же, как для липы и клена в еловых насаждениях) уменьшение амплитуды максимума, но без сдвига вправо самого максимума и общего диапазон распределения. Только после уменьшения сомкнутости полога березового древостоя в 2 раза стало наблюдаться поступательное развитие элемента леса (сдвиг вправо общего диапазона распределения) у липы и клена, но не у ели.

Таким образом, спелые еловые насаждения с участием липы и клена, созданные человеком или возникшие в результате его влияния, уже не воспроизведут себя в следующем поколении. Подрост ели, даже многочисленный, не выдерживает длительного пребывания под пологом леса и не может сформировать основу будущего древостоя. Только изучая строение и многолетнюю динамику древостоев можно узнать действительные лесоводственные свойства основных лесобразующих видов и разработать рациональные способы ведения лесного хозяйства.

Литература

1. *Абатуров А. В., Антюхина В.В.* Динамика ельников на территории лесопаркового защитного пояса Москвы // Динамика хвойных лесов Подмосковья. М.: Наука, 2000. С. 86-109.
2. *Абатуров А.В., Кочевая О.В., Янгутов А.И.* 150 лет Лосиноостровской лесной даче. Из истории национального парка «Лосиный Остров». М.: Аслан, 1997. 237 с.
3. *Абатуров А.В., Меланхолин П.Н.* Естественная динамика леса на постоянных пробных площадях в Подмосковье. Тула: Гриф и К, 2004. 336 с.
4. *Речан С.П., Малышева Т.В., Абатуров А.В., Меланхолин П.Н.* Леса Северного Подмосковья. М.: Наука, 1993. 314 с.
5. *Третьяков Н.В.* Закон единства в строении древостоев. М. – Л., 1927. 113 с.

ИСТОРИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ СОХРАННОСТИ ЛЕСОВ В ВЕРХОВЬЯХ РЕКИ ПЕЧОРЫ (ПЕЧОРО-ИЛЫЧСКИЙ ЗАПОВЕДНИК)

Алейников А.А.
ЦЭПЛ РАН, г. Москва
aaacastor@gmail.com

Исследование истории природопользования - необходимый шаг для более глубокого понимания и объяснения этапов сукцессионного развития лесных экосистем. Игнорирование исторического прошлого территории может привести к неправильным представлениям о динамических рядах и закономерностях функционирования лесов. Верхняя Печора - участок реки Печоры протяженностью 175 км от истока до впадения в нее правого притока, реки Уньи, площадь бассейна - 443 тыс. га Предварительные натурные исследования показали, что лесной массив в верховьях Печоры - один из наиболее хорошо сохранившихся в Северном Предуралье. Приблизительная площадь бассейна Верхней Печоры - 443 тыс. га. Анализ картографических, литературных и архивных источников позволяет понять исторические предпосылки сохранности этих лесов.

Натурные исследования показали, значительная часть лесов в бассейне Верхней Печоры сформировалась в течение последних 400-500 лет. Следовательно, для понимания условий формирования современного лесного покрова необходимо исследовать историю этой территории как минимум за этот период. К сожалению, до настоящего времени не сохранились какие-либо данные о населении верховьев Печоры в XV-XVII веках. Вероятно, эта территория была заселена коренным уральским народом - вогулами (манси), к тому времени вытесняемыми с более южных территорий - верховьев рек Колвы, Березовой и Вишеры, которые уже активно заселились русскими. Верхняя Печора - северная граница земель чердынских и верхнепечорских вогулов. Основные занятия вогулов - оленеводство, охота и рыбалка. Оценить воздействие вогулов на окружающую среду в настоящий момент крайне сложно, поскольку осталось очень мало исторических источников. Вероятно, основное воздействие они оказывали на горные территории, которые подвергались постоянному выпасу оленьих стад, периодически перегоняемых с одного хребта на другой. Выпас оленьих стад прекратился только в середине XX века.

Русские поселенцы начинают осваивать верховья Печоры только в XIX веке. На карте верховьев Печоры, выкопированной с карты Чердынского лесничества в 1860 году, обозначена одна деревня - Усть-Унья. Выше по Печоре населенные пункты отсутствовали: заселение этой территории произошло только в последней четверти XIX века. К этому времени начало разрастаться население существующих деревень и отдельные семьи в поисках свободной земли уходили вверх по Печоре. Так образовались деревни Шайтановка и Собинская заостровка, чуть позже - деревня Камешок. Выше деревни Камешка вплоть до 1912 года постоянных населенных пунктов не было, но население окрестных деревень не оставляло попыток освоить эту незанятую местность: на устье реки Елмы выселок просуществовал 7 лет, однако в связи с крайне неблагоприятными условиями для земледелия жителям пришлось покинуть это место и вернуться в деревню Гаревку. Общая численность населения Верхней Печоры по данным подворной переписи 1889 года не превышала 200 человек.

Позднее заселение территории русскими переселенцами обусловлено крайне неблагоприятными почвенными и климатическими условиями этой местности. Основными занятиями населения Верхней Печоры всегда оставались охота, рыболовство и значительно меньше - скотоводство. В отличие от более южных районов земледелие здесь было развито крайне слабо, поскольку поздние весенние заморозки и короткий вегетационный сезон препятствовали росту плодовых деревьев и овощей. Местное население сеяло рожь, ячмень и овес, пшеница, конопля и лен давали всегда низкие урожаи. Незначительные масштабы земледелия и скотоводства подтверждаются малыми площадями сельскохозяйственных земель в верховьях Печоры. Так, к концу XIX века общая площадь пашни не превышала 50 га, сенокосов - 263 га, выгона - 103 га. На сохранившихся геометрических планах деревень, составленных в конце XIX века, видно, что пашня и выгон практически всегда располагались рядом с населенным пунктом, а сенокосы в прибрежной полосе Печоры и ее крупным притокам, а также на островах.

Леса Верхней Печоры относились к Верхне-Печорскому лесничеству Чердынского уезда Пермской губернии и делились на крестьянские и казенные. Крестьянские леса предназначались для удовлетворения нужд населения в стройматериалах и дровах. Эти участки наиболее интенсивно использовались крестьянами. Общая площадь крестьянских лесов в верховьях Печоры в 1917 году составила 176 га. Все остальные, казенные, леса предназначались для промышленной заготовки древесины. На всей территории лесничества предполагалась выборочно-лесосечная форма хозяйства с рубкой только строевого леса и оборотом хозяйства 60 лет. Однако, удаленность лесничества от рынков сбыта, отсутствие рабочей силы и сплавных рек привели к тому, что заготовка древесины в лесничестве не проводилась, что подтверждается сохранившимися отчетами Верхне-Печорского лесничества за 1900-1915 годы.

Таким образом, позднее заселение территории, крайне низкая плотность населения, невозможность сбыта древесины - наиболее весомые причины сохранности этого массива вплоть до 1917 года. Доля преобразованной территории, включая деревни, пашни, выгоны и сенокосы, составляет менее 1% от общей площади бассейна Верхней Печоры. Правобережная часть (междуречье Печоры и Илыча) этого лесного массива в 1930 году была включена в Печоро-Илычский заповедник, а левобережная (междуречье Печоры и Уньи) в последующем получила статус охранной зоны заповедника. И если леса на сопредельных территориях на протяжении всего XX века подвергались беспощадным сплошным рубкам и частым пожарам, то в заповеднике и его охранной зоне вырубki были исключены, а пожары достаточно редки. Предварительный анализ современного лесного покрова в бассейне Верхней Печоры показал, что наибольшую площадь занимают темнохвойные леса разного типологического состава не испытывавшие на себе воздействия внешних факторов, меньшую - березняки, осинники и сосняки разного возраста, возникшие после пожаров. В этих сообществах, при дальнейшем отсутствии внешних воздействий, также сформируются

темнохвойные леса. Значительно меньшую площадь занимают тундры, использовавшиеся для выпаса оленей, пашни и сенокосы, которые находятся на разных этапах зарастания древесно-кустарниковой растительностью.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты № 13-04-01491а и № 12-04-33193 мол_а_вед).

ЛЕСООБРАЗУЮЩАЯ РОЛЬ ВЕТРОВАЛОВ

Алесенков Ю.М.
Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург
051946@mail.ru

Структура лесного покрова обусловлена экотопической неоднородностью ландшафтов и в значительной степени зависит от частоты и глубины воздействия экзогенных факторов природного характера. Важным агентом воздействия на структуру лесных сообществ является ветер, особенно штормовой.

Таежная зона регулярно подвергается воздействию разрушительных штормов, вызывающих ветровал и бурелом. На Урале известны случаи, когда площадь лесов, пострадавших от разрушительных штормовых ветров, достигала многих сотен тысяч гектаров. В 1974 году в Пермской области леса были нарушены на площади около 230 тыс. га, а в 1995 году в Свердловской области на более чем 300 тыс. га. Ущерб лесному хозяйству составил более нескольких миллиардов рублей. К нынешнему дню феномен ветровалов по прежнему рассматривается с точки зрения ущерба лесному хозяйству. Но эта проблема в значительной степени общебиологическая, к настоящему времени не получившая должного внимания исследователей, занимающихся изучением жизни леса, в отличие от изучения лесных пожаров, где достигнуты значительные успехи.

В то же время массовый вывал огромного количества деревьев вносит в лесную среду колоссальные изменения, сравнимые с мощным разрушительным воздействием пожаров и рубок. Такая ситуация ставит важную проблему прогноза последствий катастрофы. Лучшим объектом для изучения последствий ветровалов служат массивы, не затронутые хозяйственной деятельностью, т.н. фоновые ценозы. Изучение лесообразовательного процесса, протекающего в этих лесных сообществах после воздействия штормовых ветров, позволяет моделировать последствия катастроф в ценозах, находящихся под воздействием хозяйственной деятельности.

К проблемам, связанным с изучением ветрвала отнесем следующие:

- Феномен ветрвала широко известен, но до сих пор нет классификации и типологии ветрвалов, отражающих их природную значимость в жизни лесных экосистем, как это сделано по отношению роли лесных пожаров.

В то же время ветрвалы - это природные явления регулярно повторяющиеся и естественные в жизни леса. Как показывают исследования, они необходимы для леса по ряду причин.

Массовый вывал перестойных, биологически обреченных деревьев, происходящий по верховому типу, завершает жизненный цикл старших поколений, освобождая экологическую нишу для новых поколений. Классиками лесоводства замечено, что в темнохвойной тайге основная масса подроста возобновилась на субстрате из перегнившей древесины прошлых поколений выпавших в результате прошлых ветрвалов.

Ветрвалы меньших масштабов создают окна в пологе древостоя - своеобразные локальные ниши, свободные от конкуренции со стороны старших поколений.

Возможно, ветрвалы менее мощные по силе воздействия и не приводящие к конкретным - ветрвалу и бурелому отдельных особей тем не менее в результате невидимых нарушений в ризосфере (обрывам и повреждениям корней) приводят к необъяснимому на первый взгляд усыханию значительных массивов темнохвойной тайги.

Ветрвалы меняют структуру древостоев. После ветрвалов значительная часть старовозрастных особей погибает и возрастная структура преобразуется в различной степени. Например при регулярном воздействии ветра может образоваться ступенчатая структура.

Регулярное воздействие ветра приводит к морфологическим изменениям. В древостоях накапливаются особи, устойчивые к воздействию ветра, а также биологические виды доминанты и субдоминанты в порядке, определяемом опять же устойчивостью к вывалу. В частности, для темнохвойной тайги Среднего Урала ряд видов по устойчивости к ветру выглядит так: К, Е, П. Заметим, что через несколько лет после ветрвала большинство из сохранившихся крупных особей засохло.

Нами установлено, что депонирование огромного количества горючего материала в результате ветровалов, часто приводит к пожарам, которые для темнохвойной тайги, состоящей из видов биологически не приспособленных к пожарам, несут ущерб больший, нежели для лесов, состоящих из светлохвойных видов - сосны и лиственницы.

ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИ ЗАРАСТАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ И ЕЕ РОЛЬ В ПОДДЕРЖАНИИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ЛЕСОВ ЦЕНТРА ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ

Бобровский М.В., Москаленко С.В.
ИФХиБПП РАН, г. Пущино
maxim.bobrovsky@gmail.com

Необходимость изучения биоразнообразия лесов на месте бывших сельскохозяйственных угодий диктуется неуклонным увеличением площади таких земель [5]. Потенци возможности восстановления лесной растительности могут быть реализованы в ходе восстановительной аутогенной сукцессии без внешних вмешательств и при наличии источников зачатков наибольшего числа лесных видов. Задачей настоящей работы является сравнительный анализ биоразнообразия лесов, сформированных в результате аутогенных сукцессий на территориях бывших пашен и пастбищ.

Методы исследования. В качестве эталонного объекта для изучения аутогенных сукцессий выбраны участки зарастающих пашен и выгонов на территории заповедника «Калужские засеки», достоверно не испытывавшие экзогенных воздействий с начала зарастания. Пашни были выведены из оборота 24–30 лет назад; в это же время был сокращен выпас скота на пастбищах, окончательно выпас был прекращен после организации заповедника в 1992 г. Все залежные земли окружены старовозрастными широколиственными лесами, которые характеризуются высоким видовым разнообразием; возраст деревьев достигает 300 лет [1]. На зарастающих залежах перпендикулярно границе залежь – лес закладывали серии временных пробных площадей (ПП). Описание растительности проводили на ПП 10 м x 10 м по принятым в фитоценологии и лесоведении методикам. Описание включало геоботаническое описание структуры растительности и состава растительности по ярусам с оценкой присутствия-обилия видов; полный перечень особей деревьев. Видовые названия сосудистых растений даны в соответствии со сводкой С.К. Черепанова [5]. Анализ структуры сообществ был проведен с использованием эколого-ценотических групп растений [4].

Результаты и обсуждение. Анализ результатов показал, что за 25–30 лет аутогенной сукцессии на всех залежах сформировался древостой из мелколиственных видов *Betula pendula*, *B. pubescens* и *Salix caprea* в разных соотношениях, но его пространственная структура на заброшенных пашнях и пастбищах заметно отличается. На пашнях особи деревьев распределены сравнительно равномерно, их плотность достигает 1300–2240 шт./га. Зарастание пастбищ происходит в основном от периферии к центру. Плотность древостоя на периферии залежи составляет 1840–5000 шт./га, по структуре сообщества здесь мало отличаются от лесов на бывших пашнях. Ширина краевой зоны варьирует от 30 до 80 м. Возобновление деревьев в центре полян представляет собой скопления или единичные особи, плотность их составляет 775–1100 шт./га.

Кустарниковый ярус в на залежах составляют виды подлеска и подроста деревьев. В подлеске присутствуют *Corylus avellana*, *Euonymus verrucosus* и *E. europaeus*, *Frangula alnus*, *Sorbus aucuparia*, *Lonicera xylosteum*. В составе подроста преобладают широколиственные виды деревьев: *Fraxinus excelsior*, *Acer platanoides* и *A. campestre*, *Quercus robur*, *Ulmus glabra*, *Tilia cordata*. Численность древесных пород в кустарниковом ярусе на заброшенных пашнях составляет 980–19600 шт./га, доминантами выступают *Fraxinus excelsior* и *Acer platanoides*, при этом присутствуют и все остальные виды широколиственных деревьев. Численность подрост в краевой части бывших пастбищ на настоящий момент заметно выше, от 60 до 125 тыс. шт./га; доминируют *Fraxinus excelsior*, *Acer platanoides* и *Tilia cordata*. Высокая численность подрост деревьев здесь объясняется большой долей иматурных особей. В центральной части полян численность подрост сравнительно невысока: 3800–6000 шт./га, в его составе доминируют *Betula sp.*, *Fraxinus excelsior* и *Acer platanoides*. Заметным отличием в составе возобновления деревьев на бывших пастбищах является большое число особей плодовых деревьев *Malus sylvestris*, *Pyrus communis*, а также относительно высокая численность особей *Quercus robur*.

Распределение видов травяно-кустарничкового яруса на бывших пашнях и пастбищах заметно различается. На зарастающих пашнях обилие лесных видов убывает от периферии к центру; при этом для одних видов уменьшение обилия носит монотонный характер, для других – скачкообразный. В непосредственной близости к старовозрастной дубраве на расстоянии до 50 м в разном соотношении доминируют неморальные виды *Galeobdolon luteum*, *Asarum europaeum*,

Pulmonaria obscura, *Stellaria holostea*, *Dryopteris carthusiana*. При удалении от границы леса к центру полян увеличивается участие видов открытых и полуоткрытых местообитаний, здесь доминантами выступают злаки *Deschampsia cespitosa*, *Poa nemoralis*, *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Agrostis tenuis*, *A. gigantea*. Сформировавшиеся на расстоянии около 50 м от границы с дубравами растительные сообщества относятся к березнякам неморальнотравным (неморальным), на удалении от леса – к березнякам разнотравным (лугово-опушечным).

На бывших пастбищах сформировавшиеся у границы с дубравой растительные сообщества также относятся к березнякам неморальнотравным; по составу они похожи на неморальнотравные березняки на бывших пашнях, но отличаются более простой структурой травяно-кустарничкового яруса. В центральной части бывших пастбищ господствуют лугово-опушечные виды трав. Несмотря на значительные отличия светового режима на участках бывших пашен и пастбищ, эколого-ценотическая структура травяно-кустарничкового яруса при движении от края к центру залежей меняется сходным образом.

Заключение. В условиях наличия зачатков всех (или большинства) древесных и лесных травянистых видов растений, входящих в состав региональной флоры, аутогенная сукцессия сравнительно быстро идет в направлении формирования полидоминантного широколиственного леса. Через 25–30 лет после начала сукцессии состав древесных видов в подросте полностью соответствует составу древесной синузии полидоминантного старовозрастного широколиственного леса. Травяно-кустарничковый ярус вмещает как значительную часть флоры теневых лесов, так и виды открытых-полуоткрытых местообитаний (лугово-опушечных), число и обилие которых увеличивается к центральной части залежей.

Наиболее медленно идет восстановление леса в центральной части бывших пастбищ. Эти участки можно рассматривать как относительно долговременные убежища светолюбивой флоры. Бывшие пастбища также являются основным местом успешного возобновления плодовых деревьев и дуба черешчатого.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 12-04-01734).

Литература

1. Бобровский М.В., Ханина Л.Г. Заповедник «Калужские засеки» // Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России. Под ред. Л.Б. Заугольной. М.: Научный мир, 2000. С. 104 – 124.
2. Восточноевропейские широколиственные леса / Под ред. О.В. Смирновой. М.: Наука, 1994. 364с.
3. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. 416 с.
4. Смирнова О.В., Ханина Л.Г., Смирнов В.Э. Эколого-ценотические группы в растительном покрове лесного пояса Восточной Европы // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современностью. М.: Наука, 2004. Кн. 1. С. 165-175.
5. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб: Мир и семья – 95, 1995. 990 с.

ПОПУЛЯЦИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ ДИНАМИКИ И СТАБИЛИЗАЦИИ СТАРОВОЗРАСТНЫХ ВЛАЖНЫХ ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ В ПОДЗОНЕ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ

Браславская Т.Ю.¹, Багрецова Т.В.², Леонов В.Д.³, Пахов А.С.⁶, Цилин А.А.⁷, Харлампиева М.В.⁴,
Ворочай Е.А.⁴, Мотовилов Д.Е.³, Алдохина Т.М.², Ивлева Е.Г.⁵, Загайнова А.А.⁵, Ворочай Ю.А.⁴,
Коротаев М.В.², Минеева Т.В.³

¹ЦЭПЛ РАН, г. Москва; ²САФУ, г. Архангельск; ³МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва;

⁴БГУ, г. Брянск; ⁵МАГУ, г. Йошкар-Ола; ⁶ИЭПС УрО РАН, г. Архангельск;

⁷СПбГЛТУ, г. Санкт-Петербург

t.braslavskaya@gmail.com

Старовозрастные леса в речных поймах и на заболоченных плакорах участвуют в ландшафтной регуляции жидкого и твердого стока, в связи с чем нуждаются в охране. Получая статус особо охраняемых природных территорий, они дополнительно приобретают функцию резерватов биоразнообразия. Необходимо глубокое понимание спонтанной динамики таких сообществ, движимой взаимодействиями между популяциями обитающих в них видов, прежде всего – лесообразователей.

Наше исследование проведено в Пинежском районе Архангельской области в 2-х старовозрастных (8-9 класс) северотаежных сообществах: в плакорном ельнике чернично-вороничном (согласно классификации Д.Н. Сабурова [4]) в государственном природном заповеднике «Пинежский» заповеднике и в пойменном ельнике осоково-таволговом в Кулойском государственном биологическом заказнике регионального значения. Плакорный лес произрастает на подзолистой глееватой супесчано-суглинистой почве, переувлажнен в результате весеннее-летней верховодки, которая формируется на водоупоре двучленных моренных отложений [5]; тип заболачивания – мезоолиготрофный. Пойменный лес произрастает на аллювиальной торфяно-перегнойной почве, ежегодно заливадается весенними и летними паводками р. Кулой, тип заболачивания – мезоевтрофный. В плакорном сообществе в ходе описания почвенного разреза были обнаружены угли под подстилкой, что свидетельствует о пожарах, происходивших в прошлом; можно предполагать, ориентируясь на данные Д.Н. Сабурова, отраженные в ландшафтной карте Пинежского заповедника, что последний раз пожар случился не позже последней четверти XIX века. В пойменном сообществе не были обнаружены следы пожара или рубки и, судя по его расположению на территории поймы и сведениям в краеведческой литературе [2], можно предполагать, что оно не подвергалось таким внешним воздействиям в течение жизни современного древостоя.

В исследуемых сообществах в 2009 г. заложены постоянные пробные площади 0.5 га, в границах которых были пронумерованы и маркированы все живые и стоячие сухие стволы деревьев диаметром не менее 2 см (на высоте 1,3 м), проведен сплошной пересчет стволов у каждого древесного вида, составлен план древостоя с нанесением на него проекций крон. В ценопопуляциях ели и березы более подробно обследованы модельные деревья (выбранные из всех ступеней диаметра ствола), у которых измеряли общую высоту, протяженность живой кроны, определяли календарный возраст по керну, взятому в основании ствола (в плакорном ельнике – 88 кернов ели, 24 керна березы; в пойменном ельнике – 112 кернов ели, 45 кернов березы); у модельных деревьев ели в течение нескольких лет, включая год обильного семеношения (2012), проверяли и регистрировали наличие шишек.

В обоих сообществах в древостое и подросте доминирует ель (*Picea obovata* Ledeb.), но значительно также участие березы (*Betula pubescens* Ehrh.) – по числу стволов и покрытию крон. Выявленный максимальный возраст (пересчитанный на 2011 г.) составляет: в плакорном чернично-вороничном ельнике – 267 лет у ели и 213 лет у березы, в пойменном осоково-таволговом ельнике – 237 лет у ели и 176 лет у березы. В обоих сообществах у каждого из этих двух массовых лесообразующих видов общий выявленный диапазон календарного возраста заполнен достаточно равномерно (немногочисленные разрывы не превышают 10-15 лет), а общий для ели и березы диапазон календарного возраста заполнен непрерывно. Таким образом, в составе древостоя и отдельно взятых ценопопуляций не прослеживаются четко разграниченные поколения, то есть уже более 200 лет на изучаемых участках процессы лесовозобновления непрерывны. При этом распределение деревьев по календарному возрасту не демонстрирует, что в какие-либо периоды интенсивность этих процессов заметно возрастала.

Анализ соотношения высоты и возраста у деревьев ели и березы позволяет заключить, что в обоих сообществах на протяжении не менее чем 200 лет: 1) постоянно существовала возможность, чтобы у обоих видов хотя бы несколько десятков деревьев (в пересчете на 1 га) достигали максимальной высоты (15-20 м), 2) деревья сходного возраста резко дифференцировались по скорости роста – видимо, вследствие разнообразия микроусловий для него. В исследуемых ельниках эти микроусловия характеризуются тем, что 1) большинство древесных растений приурочены к дренированным микро- и мезоповышениям, 2) густые группы деревьев и подрост, сформировавшиеся на таких повышениях, чередуются с окнами площадью 50-200 м². Как и в большинстве старовозрастных таежных еловых лесов [1, 3], в исследуемых сообществах размерная структура ценопопуляций лесообразующих видов характеризуется значительным численным преобладанием тонкомерных низких деревьев. Таким образом, в обоих ельниках есть (хотя и в ограниченном количестве) световые ресурсы для роста древесных растений любой высоты. Причем массовое заселение открытых участков древесными растениями затруднено из-за переувлажнения почвы, поэтому над ними очень долгое время не смыкается полог крон, вследствие чего пространственная структура и режим освещенности в сообществах стабилизированы.

Вероятно, изучаемые ельники имели аналогичную пространственную структуру и режим освещенности на протяжении последних 200 лет – этим объясняется сохранение жизнеспособности 100-200-летними особями ели и березы, достигшими в течение своей жизни высоты не более 5-8 м. Однако для развития быстрорастущих деревьев такого же возраста было необходимо наличие более благоприятных условий. Их могло обеспечивать падение крупных деревьев, от которых могли оставаться приствольные повышения и вывальные бугры – освещенные и, наряду с этим, дренированные микросайты, деструкция которых в условиях этих сообществ замедлена. Но такие

падения, видимо, не были частыми: в обоих изучаемых ельниках крупные деревья ели и березы немногочисленны (см. выше), причем располагаются поодаль друг от друга и при этом имеют достаточно хорошую жизнеспособность (продолжительность их жизни – обычно не менее 100 лет).

Для долговременной динамики популяции возможность достижения особями генеративного состояния не менее важна, чем возможность продолжения их быстрого или медленного роста. В пойменном мезоевтрофном ельнике семеношение ели выявлено в возрасте не менее 90 лет при высоте не менее 9-10 м; однако реально формируют шишки далеко не все деревья такой высоты, даже в большем возрасте. В плакорном мезоолиготрофном ельнике в микроусловиях слабого дренажа выявлен минимальный возраст семеносящих елей около 130 лет при высоте 7-10 м; пока еще не выяснено, насколько полезны для ценопопуляции ели, в конечном счете, попытки размножаться у деревьев с низкой жизненностью.

На примере рассмотренных сообществ можно заключить, что долговременная стабильность структуры влажных северотаежных еловых лесов обусловлена низкой интенсивностью ростовых и других жизненных процессов у большинства особей лесообразующих видов в результате переувлажнения почвы. Беспрепятственное проникновение вглубь сообщества большого количества света в значительной мере способствует толерантности деревьев к переувлажнению и стабильности ценопопуляций и сообществ. Для выяснения пределов устойчивости ценопопуляций лесообразующих видов в этих условиях необходимы дальнейшие исследования.

Литература

1. Воропанов П.В. Ельники Севера. М.–Л.: Гослесбумиздат, 1950. 179 с.
2. Данилова Г.А. Пинега: очерки природы, истории и культуры. Архангельск: Правда Севера, 2009. 511 с.
3. Дыренков С.А. Структура и динамика таежных ельников. Л.: Наука, 1984. 173 с.
4. Сабуров Д.Н. Леса Пинеги. Л.: Наука, 1972. 173 с.
5. Структура и динамика природных компонентов Пинежского заповедника (северная тайга ЕТР, Архангельская область): биоразнообразии и георазнообразии в карстовых областях. /Отв. ред. Л.В. Пучнина и др.- Архангельск: «СОЛТИ», 2000. 267 с.
6. Пучнина, С.В. Горячкин, М.В. Глазов, А.М. Рыков, С.Ю. Рыкова Архангельск: Соломбальская типография, 2000. 267 с.

СЕВЕРО-ЗАПАДНАЯ ГРАНИЦА АРЕАЛА *PINUS KORAIENSIS* SIEBOLD ET ZUCC.

Волков Е.В.
Приморская ГСХА, г. Уссурийск
les231975@mail.ru

Северо-западная граница ареала сосны корейской (кедра корейского) (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) до настоящего времени точно не установлена. Пределы распространения кедра обычно ограничивают левым берегом реки Бурея [4, 6]. Некоторые авторы [7] указывают, что в низовьях Буреи кедра нет. В настоящее время сосна корейская встречается небольшими участками в смеси с *Picea ajanensis* и *Abies nephrolepis*. Доля участия кедра корейского в кедрово-широколиственных насаждениях Амурской области, в составе которых участвуют береза желтая и белая, липа, единично клены, осина - от 2 до 6 единиц. Чистых кедровников нет. Возобновление кедра под пологом древостоев проходит неудовлетворительно [11]. Река Бурея является серьезным препятствием для распространения кедра корейского на правый берег. Это один из наиболее крупных левых притоков Амура в его среднем течении. В нижней части среднего течения Бурея прорезает отроги хребта Турана, образуя узкую долину. В нижнем течении долина и русло расширяются, течение замедляется, в русле появляются острова. Долина узкая и глубокая. Ширина русла в Амурской области - 300 – 400 м. [1]. Основываясь на данных первых исследователей [3, 5, 10] можно предположить, что кедр корейский на правом берегу реки Буреи не произрастал и ранее. Тем не менее, нами на правом берегу обнаружены отдельные участки лесной растительности, в которых присутствует кедр корейский в виде единичных экземпляров (или групп) подроста. Так, в вершине ключа Темного (заказник «Мальмальта») нами встречены единичные группы кедра (по 2-5 деревьев), в виде подроста высотой до 3 метров. По-видимому, кедровые орешки были занесены сюда птицами. Деревьев кедра корейского, приближающихся к возрасту плодоношения, на правом берегу Буреи нет. Васильев [2] описывает похожие случаи нахождения подроста кедра среди массивов молодых лиственничных лесов в верховьях Тырмы при отсутствии на расстоянии 40 км взрослых деревьев, предполагая, что кедр корейский в этом районе расширяет свой ареал к северу и западу. Детальнее последнее явление он не пояснил, но можно предполагать, что семена кедра корейского были

занесены из соседних кедровых массивов рр. Виры или Урми кедровкой, питающейся орехами. Созданное Бурейское водохранилище имеет ширину до 5 км, что практически полностью исключает занос семян кедра на правый берег. Приживаемость имеющихся на правом берегу реки Бурей молодых деревьев кедра корейского будет зависеть в большей степени от лесных пожаров, которые часто повреждают растительность этой территории. Флора левого берега реки Бурей в целом заметно отличается от флоры правобережья набором видов маньчжурской флоры и их обилием. Особенно богаты по видовому разнообразию леса левого притока Бурей - реки Дикан. Здесь, как и на правом берегу, наиболее распространенными являются лиственнично-белоберезовые леса. В тоже время на местах с плодородными почвами и благоприятным микроклиматом растут *Tilia amurensis*, *Fraxinus mandshurica*, *Phellodendron amurense*, *Acer tegmentosum*, *Schisandra chinensis*, *Eleutherococcus senticosus*, *Philadelphus tenuifolius*, *Vitis amurensis*. На правом берегу эти виды встречаются в заметно меньшем количестве. Растения, которые отсутствуют на правом берегу: *Pinus koraiensis* (взрослые экземпляры), *Deutzia parviflora*, *Acer tegmentosum*, *Allium ochotense* и др. Некоторые представители кедрово-широколиственных лесов не доходят до левобережья реки Бурей, встречаясь в бассейне соседней реки Архара, например *Actinidia kolomikta*. Река Бурей разделяла ареал *Pinus sylvestris* и ареал *Pinus koraiensis*. В верховьях правого притока Бурей - реки Чеугда - произрастали участки соснового леса, уничтоженные в 2009 году лесным пожаром. Некоторые типичные представители дендрофлоры кедрово-широколиственных лесов проникают в северную подзону хвойных таежных лесов в качестве элементов неморальной флоры: *Acer mono*, *Tilia taquetii*, *Padus maackii*, *Juglans mandshurica*, *Fraxinus mandshurica*, *Phellodendron amurense*, *Euonymus pauciflora*, *Vitis amurensis*, *Eleutherococcus senticosus*, *Ulmus laciniata*, *Schisandra chinensis*, *Berberis amurensis*, *Corylus mandshurica*, *Syringa amurensis* [8, 9]. Можно предположить, что в связи с заполнением Бурейского и Нижне-Бурейского водохранилищ растительный мир левого и правого берегов реки Бурей будет все более отдаляться друг от друга. Лесные пожары уничтожают подрост кедра корейского на правом берегу, а занос новых орешков будет практически невозможен, поэтому все найденные места произрастания кедра корейского на правом берегу реки Бурей должны быть объявлены памятниками природы. Изучение сохранившихся мест произрастания кедрово-широколиственных лесов на пределе своего северо-западного ареала поможет расширить познания в области дендрофлоры этих лесов, а также внесет элемент новизны в ботанико-географическое районирование территории.

Литература

1. Амурская область. Опыт энциклопедического словаря /науч. ред. В.В. Воробьев, А.П. Деревянко; ред.-сост. Н.К. Шульман. – Благовещенск: Амурское отд. Хабаровского кн. изд-ва, 1989. – 416 с.
2. Васильев В.Н. Растительный покров Малого Хингана. // Тр. Дальневост. филиала АН СССР. Сер. ботан., 1937. - Т. 2. - С. 103-272.
3. Доктуровский В.С. Растительность Тырминско - Буреинского района и Амурской области вообще // Труды Почв.-ботанической экспедиции по исследованию колонизационных районов Азиатской России: Ч.2. Ботан. исслед. 1909 - 1911. – 129 с.
4. Колесников Б.П. Кедровые леса Дальнего Востока // Тр. Дальневост. филиала АН СССР. Сер. ботан. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1956. - Т. 2 (4). - 261 с.
5. Миддендорф А.Ф. Путешествие на Север и Восток Сибири. - С.-Петербург, 1877. - Т. 1. -Ч. 1. - с. 491-758.
6. Соловьев, К.П. Кедрово-широколиственные леса Дальнего Востока и хозяйство в них. - Хабаровск, 1958. - 368 с.
7. Усенко Н.В. Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока: справочная книга. – 3-е изд., перераб. и доп.- Хабаровск: Приамурские ведомости, 2009. - 272 с.
8. Чащин Я.Т. Особенности распространения в Амурской области некоторых деревьев и кустарников хвойно-широколиственных лесов Дальнего Востока.- Итоги изучения лесов Дальнего Востока. - Владивосток, 1967. - С. 109 – 111.
9. Шага В.С. Пределы распространения представителей дендрофлоры кедрово-широколиственных лесов в долине реки Бурей. - Науч. докл. высш. школы Биолог. науки, 1968. - Вып. 52. - № 4. – С. 80-81.
10. Шмидт Ф.Б. Амгуно – Буреинская флора. Сахалинская флора.- Тр. Сиб. экспед. РГО. Физ. отделение: ботан. часть, 1874. - Т.2. - 236 с.
11. Яборов В.Т. Леса и лесное хозяйство Приамурья. – Благовещенск, 2000. - 224 с.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕСОВ НА ЗАБРОШЕННЫХ ПОЙМЕННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДЬЯХ

Горнов А.В., Ручинская Е.В.
ЦЭПЛ РАН, г. Москва
aleksey-gornov@yandex.ru

Сенокосение и выпас в долинах рек многие века сдерживали развитие лесной растительности [5,7]. Однако в начале 90-х годов XX века сенокосные и пастбищные угодья, в том числе и в пойме, массово оставляли. В результате луга повсеместно начали зарастать древесной растительностью: нелесные земли превратились в лесные угодья [4]. Появилась проблема выбора стратегии землепользования на таких землях. При принятии решений необходимо учитывать не только экономические, но и экологические аспекты, поскольку подобные экосистемы участвуют в механизмах формирования биоразнообразия и экосистемных функций ландшафтов. В связи с этим в работе поставлена цель – описать начальные этапы формирования лесов на заброшенных пойменных сенокосах.

Материал собран на зарастающих пойменных лугах Неруссо-Деснянского полесья (НДП). Предпочтение отдано этим сообществам, поскольку они в меньшей степени пострадали от механизированной обработки и сохранили природные механизмы поддержания биологического разнообразия. НДП расположено в бассейне среднего течения реки Десна в юго-восточной части Брянской области. В ботанико-географическом плане район принадлежит Полесской подпровинции Восточноевропейской широколиственной провинции [6]. В работе использованы геоботанические, популяционные, картографические и статистические методы.

До начала 90-х годов XX века большую часть исследуемых сообществ интенсивно косили. В последующие годы одни луга косили регулярно, а другие – забросили. Это стало причиной зарастания части ценозов. К моменту исследования сформировалось несколько вариантов сообществ: открытые луга; луга, заросшие кустарниками и подростом деревьев; луга, заросшие молодыми деревьями. Рассмотрим эти сообщества подробнее.

Открытые луга представляю собой угодья, которые перестали косить несколько лет назад. Однако сюда зоохорным и анемохорным способами внедрились кустарники (*Frangula alnus* Mill., *Salix cinerea* L и др.) и деревья (*Quercus robur* L., *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. и др.). Они представлены единичными ювенильными и имматурными особями, которые прижились по зоогенным нарушениям – пороям кабанов. Особенности приживания древесных видов рассмотрим на примере зоохорного вида – дуба черешчатого. Его плоды дуба попадают на луга при помощи мышевидных грызунов (лесных мышей, полевок и др.) и птиц (соек, больших пестрых дятлов и др.). Животные при наличии урожая заготавливают желуди в прилегающих лесах и переносят их в «кладовые», гнезда или «кузницы». При перемещении животных часть желудей теряется и попадает на порою близлежащих лугов. Такой способ переноса диаспор называется синзоохория [3]. Желуди, попав в обнаженную и перемешанную кабанями почву, прорастают. Свободное пространство пороев позволяет молодому поколению дуба прижиться и сформировать жизнеспособные особи. Так, на пробной площадке размером 625 кв. м., заложенной на постоянно перерываемом кабанями лугу отмечено 49 особей дуба ювенильного и имматурного онтогенетических состояний. В травяном ярусе доминируют *Centaurea jacea* L., *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *Geum rivale* L. Эти сообщества отличаются относительно высоким флористическим разнообразием: минимальное число видов на площадке – 39, а максимальное – 61. Видовое богатство – 151 вид. Высокое флористическое разнообразие открытых лугов определяется тем, что здесь высока активность кабанов. В результате их роющей деятельности формируются нарушения, которые способствуют повышению флористического разнообразия сообществ [1,2]. В эколого-ценотической структуре преобладают луговые растения. На их долю приходится больше половины спектра. Участие лесных видов незначительно.

Луга, заросшие кустарниками и подростом деревьев. При отсутствии сенокосения в течение 5-15 лет на исследуемых лугах разрастаются кустарники (*Corylus avellana* L., *Frangula alnus*, *Salix cinerea* и др.) и подрост деревьев (*Alnus glutinosa*, *Betula pendula* Roth, *Quercus robur* и др.). Это происходит в том случае, если кабаны перерывают луг и создают нарушения, необходимые для приживания молодого поколения древесных видов. При этом кустарники и деревья располагаются отдельными плотными скоплениями, размещение которых определяется прошлыми кабаньими пороями. Минимальное число видов на площадке – 33, а максимальное – 51. Видовое богатство – 139 видов. Эколого-ценотическая структура, по сравнению с открытыми лугами, отличается увеличением доли лесных растений и уменьшением участия луговых.

Луга, заросшие деревьями. При отсутствии сенокосения более 15 лет скопления кустарников и подростка деревьев смыкаются и образуют участки леса из *Acer platanoides* L., *Alnus*

glutinosa, *Betula pendula*, *Fraxinus excelsior* L., *Quercus robur* Высота стволов деревьев в таких сообществах достигает 12 м, а сомкнутость крон – 80%. Ярус подроста деревьев и кустарников состоит из *Corylus avellana*, *Frangula alnus*, *Fraxinus excelsior* и др. Сомкнутость крон подроста деревьев и кустарников варьирует от 10 до 80%, а высота – от 3 до 5 м. В травяном ярусе доминирует конкурентное высокотравье (*Carex acuta* L., *Filipendula ulmaria*, *Urtica dioica* L.), появляются лесные виды (*Equisetum sylvaticum* L., *Aegopodium podagraria* L., *Lamium maculatum* (L.) L. и др.). Минимальное число видов на площадке 17, а максимальное – 41. Видовое богатство – 94 вида. Под пологом деревьев в травяном ярусе преобладают лесные виды, участие луговых становится незначительным.

Таким образом, в результате оставления сенокосных угодий сформировался сукцессионный ряд в направлении образования сначала кустарниковой, а затем – лесной растительности. При этом изменяется эколого-ценотическая структура сообществ: вытесняются светолюбивые луговые виды и внедряются лесные. Сочетание сообществ разных стадий сукцессионного ряда определяет высокое флористическое и структурное разнообразие пойменного ландшафта в целом. Заращение оставленных пойменных сенокосов в значительной мере определяется роющей деятельностью кабанов, которые, создавая нарушения, способствуют прорастанию семян и приживанию молодого поколения древесных видов.

Работа поддержана грантами РФФИ № 12-04-33193 мол. вед. и МК-7008.2013.4.

Литература

1. Горнов А.В. Фитогенная и зоогенная мозаичность и флористическое разнообразие влажных лугов Неруссо-Деснянского Полесья // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2011. Т. 116. Вып. 6. С. 64-69.
2. Горнов А.В. Роль роющих животных в поддержании флористического разнообразия лесных сообществ // Разнообразие и динамика лесных экосистем России. Под редакцией А.С. Исаева. Книга М.: Товарищество научных изданий КМК. 2013.
3. Левина Р.Е. Способы распространения плодов и семян. М., 1957. 360 с.
4. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А. и др. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М., 2010 г. 416 с.
5. Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России. М., 2000. 196 с.
6. Растительность европейской части СССР. Л., 1980. 431 с.
7. The Ecological history of European forests. CAB International, 1998. 373 p.

БИОМАССА НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА СТАРОВОЗРАСТНЫХ ТЕМНОХВОЙНЫХ ЛЕСОВ КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Грозовская И.С.¹, Ханина Л.Г.², Смирнов В.Э.², Бобровский М.В.¹, Романов М.С.²
¹ИФХиБПП РАН, г. Пущино, ²ИМПБ РАН, г. Пущино
irinagrozkovskaya@gmail.com

Современный этап развития представлений о структурно-функциональной организации лесных экосистем предполагает необходимость учета всех его основных компонентов, в том числе напочвенного покрова (травяно-кустарничковый и мохово-лишайниковый ярусы). Учет вклада напочвенного покрова в процессы, связанные с устойчивостью и динамикой биоразнообразия лесных экосистем, в том числе при моделировании этих процессов, стал насущно необходим. В отличие от древостоя, напочвенный покров бореальных экосистем включает большое число видов растений. Поэтому для моделирования его динамики необходимо выделение групп видов, сходных по биомассе и химическому составу, потребностям в элементах минерального питания, воде и свете, скорости разложения [4]. Цель нашего исследования – уточнить состав и охарактеризовать биомассу функциональных групп растений в напочвенном покрове бореальных темнохвойных лесов.

В качестве объектов исследования выбраны еловые и пихто-еловые леса северо-востока Костромской области. Исследованы шесть типов леса: пихто-ельник бореально-мелкотравно-чернично-крупнопапоротниковый (ПЕБ); пихто-ельник разнотравный (ПЕР); ельник черничный (ЕЧ); липо-ельник крупнопапоротниковый (ЛЕКРП); ельник бореально-мелкотравный (ЕБМ); ельник высокотравный (ЕВ) [2].

Для сбора полевого материала в каждом типе леса закладывали учетные площади размером 40×40 м, на которых выделяли микрогруппировки по доминирующим видам сосудистых растений и по сходству видового состава. На учетных площадях оценивали проективное покрытие выделенных типов микрогруппировок. В каждом типе микрогруппировки закладывали не менее трех площадок

25×25 см, на которых срезали надземную часть сосудистых растений с разделением на виды; затем выкапывали почвенный монолит размером 25×25 см на глубину корнеобитаемого слоя (20–25 см) с последующим разделением подземных частей сосудистых растений по видовой принадлежности [1]. При анализе для каждой площадки 25×25 см рассчитывали суммарную надземную, подземную и общую биомассу растений. Площадки группировали по доминирующим видам сосудистых растений, по типам микрогруппировок; тип определяли по принадлежности доминирующих в микрогруппировке видов растений к одной или нескольким эколого-ценотическим группам (ЭЦГ). Анализ проведен по данным 195 площадок 25×25 см, на которых собрана надземная биомасса напочвенного покрова, 165 площадок, на которых собрана подземная биомасса, а также 202 площадок, для которых составлены списки видов растений с указанием их участия в баллах по шкале Браун-Бланке.

В напочвенном покрове исследованных фитоценозов выделены пять основных типов микрогруппировок: бореально-мелкотравная (Br), бореально-неморальная (BN), бореально-кустарничковая (Vm), крупнопоротниковая (Lf) и высокотравная (TH). В Br микрогруппировке доминируют *Oxalis acetosella*, *Maianthemum bifolium*, *Gymnocarpium dryopteris* и *Phegopteris connectilis*. BN микрогруппировка представлена *Stellaria holostea*, *Oxalis acetosella*, *Maianthemum bifolium*. Vm микрогруппировка образована *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *Oxalis acetosella*, *Maianthemum bifolium*. TH микрогруппировку слагают виды-доминанты *Aconitum septentrionale*, *Athyrium filix-femina*, *Cirsium oleraceum*, *Diplazium sibiricum*, *Filipendula ulmaria*. В отдельный крупнопоротниковый тип была выделена микрогруппировка с доминированием единственного вида *Dryopteris dilatata*.

Анализ значений биомассы в микрогруппировках, выделенных по доминированию видов в напочвенном покрове, показал высокое сходство значений надземной и подземной биомассы для всех площадок с доминированием разных видов бореального мелкотравья, что подтверждает правомерность выделения Br микрогруппировки как отдельного обобщенного типа. Для площадок с доминированием видов высокотравья также отмечается большое сходство значений биомассы, причем по надземной биомассе это сходство проявляется в большей степени, чем по значениям подземной биомассы. По значениям общей, надземной и подземной биомассы сосудистых растений наблюдается достаточно четкое ранжирование площадок по типам микрогруппировок. Общая биомасса сосудистых растений возрастает в ряду Br → BN → Vm → TH → Lf: минимальные значения принимают микрогруппировки Br и BN, промежуточные – Vm, максимальные – TH и Lf. Надземная биомасса сосудистых растений возрастает в ряду Br → BN → Vm → Lf → TH. Подземная биомасса сосудистых растений возрастает так же, как и общая, в ряду Br → BN → Vm → TH → Lf. В целом по нашим данным надземная биомасса Lf и TH микрогруппировок достаточно сходна между собой, в то время как по подземной биомассе *Dryopteris dilatata*, абсолютно доминирующий в Lf микрогруппировке, явно лидирует.

Оценки значений биомассы нижних ярусов растительности в различных типах леса показали их значительное варьирование. Суммарная надземная и подземная биомасса напочвенного покрова исследованных темнохвойных лесов, в которую входили сосудистые растения и мохообразные, составляет от 3 до 12 т га⁻¹. ЕБМ характеризуется наименьшими значениями биомассы напочвенного покрова среди всех исследованных сообществ – 3.1 т га⁻¹. Биомасса напочвенного покрова в ЕЧ составляет 5.2 т га⁻¹. Наибольшие значения биомассы напочвенного покрова получены в ЛЕКРП и ЕВ – соответственно, 11.6 и 12.3 т га⁻¹.

Полученные нами оценки биомассы нижних ярусов попадают в диапазоны значений, известных из литературы. Оценки биомассы крупнопоротниковых и высокотравных темнохвойных лесов крайне малочисленны и представлены только измерениями, проведенными в Печоро-Ильчском заповеднике [3]. Полученные нами оценки оказались заметно выше. Более высокие значения биомассы растительных микрогруппировок на северо-востоке Костромской области по сравнению с Печоро-Ильчским заповедником, вероятно, определяется зональными различиями районов исследований.

Таким образом, количественный анализ подтвердил наличие существенных различий между микрогруппировками растений, выделенными в напочвенном покрове по доминирующей ЭЦГ видов. Наиболее хорошо эти различия отмечаются по значениям надземной и подземной биомассы сосудистых растений, а также по участию видов. Выявленные различия по биомассе подтверждают обоснованность высказанного ранее предположения [3, 5] о перспективности использования микрогруппировок, выделенных по доминирующей ЭЦГ, в качестве элементарной единицы при решении задачи генерализации напочвенного покрова при включении его в модели круговорота лесных экосистем.

Работа выполнена при поддержке программы № 30 фундаментальных исследований Президиума РАН, проект «Экосистемные функции живого напочвенного покрова бореальных лесов Европейской России».

Литература

1. Андреева Е.Н. Методы изучения лесных сообществ. СПб.: Изд-во НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.
2. Грозовская И.С. Биопродукционные характеристики живого напочвенного покрова старовозрастных пихто-ельников северо-востока Костромской области // Изв. Самарского НЦ РАН. 2012. Т. 14. № 1(6). С. 1445–1448.
3. Запрудина М.В. Микромозаичная организация травяно-кустарничкового и мохового покрова среднетаежных темнохвойных лесов Урала: Дис. ...канд. биол. наук: 03.02.08. М.: МПГУ, 2012. 204 с.
4. Комаров А.С., Чертов О.Г., Михайлов А.В. и др. Моделирование динамики органического вещества в лесных экосистемах. М.: Наука, 2007. С. 323–341.
5. Ханина Л.Г., Грозовская И.С., Смирнов В.Э., Романов М.С., Бобровский М.В. Анализ базы по биомассе лесного напочвенного покрова для моделирования его динамики в круговоротных моделях лесных экосистем // Хвойные бореальные зоны. 2013. Т. 31. № 1–2. С. 22–29.

СЕЗОННЫЙ РЕЖИМ ФАР ПОД ПОЛОГОМ СОМКНУТОГО ЛЕСА И В «ОКНАХ» РАЗНОГО РАЗМЕРА

Ефименко А.С., Алейников А.А.
ЦЭПЛ РАН, РАН
aseforests@gmail.com

В лесных экосистемах освещенность часто выступает в качестве фактора, лимитирующего развитие подроста деревьев [1,2]. Исследование динамики ФАР позволит приблизиться к более глубокому пониманию процессов естественного возобновления деревьев в лесах. Особо актуально изучение динамики света в бореальных лесах, расположенных севернее 45 градуса широты. Для таких мест характерно короткое лето с относительно низкой максимальной высотой стояния солнца и долгие зимы с еще более низкой высотой стояния солнца [3]. Малоизученным остается вопрос о размерах «окон», оптимальных для успешного возобновления основных лесообразующих видов.

Цель работы заключалась в оценке количества ФАР, поступающей под полог сомкнутого осинового древостоя и в окна разного размера. Исследования проводили в 2013 году на территории Печоро-Илычского заповедника. В качестве модельного объекта выбран осинник чернично-зеленомошный, сформированный в результате пожара 1930 года. Количество ФАР оценивали на пробных площадях, заложенных под пологом осинового древостоя (сомкнутость 90-100%), в маленьком «окне» (15x10м), образовавшемся в результате вывала 3-х генеративных деревьев осины и в большом «окне» (50x40), образованном в результате сплошной вырубki в 2004 году. Датчики измерения ФАР (Spectrum Tehn., Inc., LightScout Quantum Light Sensor) были установлены на каждой площадке в 3-х кратной повторности на высоте 1 м от поверхности земли. Измерения осуществлялись автоматически каждый час, в период с 26 мая по 13 августа 2013 года.

В результате анализа режима ФАР установлено, что в период начала распускания листьев (примерно до 13 июня) в небольшое «окно» и под полог осинового древостоя поступает 44.4% и 41.6% (соответственно) ФАР от большого «окна». В период полностью распутившихся листьев (с 14 июня по 13 августа) количество ФАР, поступившее на модельные участки, резко снижается до 16.7% и 14,8% соответственно.

Сумма поступившей ФАР за исследуемый период максимальна в большом «окне» и составляет 725311 мкмоль/сек*м². Значительно меньше ФАР, поступило в маленькое «окно» (24.7%) и под полог леса (22.5%). Анализ среднесуточного режима показал, что количество ФАР, поступившее за сутки в большое «окно», значительно больше, чем в маленьком «окне» и под пологом леса. При этом среднесуточные режимы ФАР в маленьком «окне» и под пологом статистически значимо не отличаются друг от друга.

Таким образом, количество ФАР, поступившее в маленькое «окно» и под полог осинового древостоя в период распускания листьев в 3.4 и 3.6 раза (соответственно) больше, чем после их полного распускания. За исследованный период в большое «окно» поступило в 4.1 раза больше ФАР, чем в маленькое окно и 4.4 раза больше, чем под полог древостоя. Среднесуточный режим ФАР в большом «окне» значимо отличается от режимов в маленьком «окне» и под пологом леса. Среднесуточные режимы ФАР в маленьком «окне» и под пологом очень схожи между собой.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты № 13-04-01491а и № 12-04-33193 мол_а_вед)

Литература

1. Евстигнеев О.И. Отношение лиственных деревьев к свету и водообеспеченности в связи со структурой леса // Лесоведение. 1996. №6. С. 26-35.

2 Messier, C., Honer, T.W. & Kimmins, J.P. Photosynthetic photon flux density, red:far-red ratio, and minimum light requirement for survival of Gaultheria shallon in western red cedar - western hemlock stands in British Columbia // Canadian Journal of Forest Research. 1989. 19. P. 1470-1477.

3 Lieffers, V.J., Messier, C., Stadt, K.J., Gendron, F., Comeau, P.G. Predicting and managing light in the understorey of boreal forests. Canadian Journal of Forest Research. 1999. 29. P. 796-811.

ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ДРЕВОСТОЯ *PINUS SYLVESTRIS* L. НА БАЗЕ ООПТ МЕДВЕДСКИЙ БОР НОЛИНСКОГО РАЙОНА КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Зыкин А.Е., Савиных Н.П., Пересторонина О.Н.

ВятГУ, г. Киров

frejaland1@gmail.com

Сосновые леса являются сообществами пирогенного типа. Это значит, что в современных условиях сохранение бора невозможно без содействия естественному возобновлению и самоподдержанию их со стороны человека. Поскольку через определенное время они постепенно переходят в результате сукцессии в елово-сосновые, сосново-еловые и даже еловые леса. Именно этот тип изменений растительности наблюдается в течение последних 15 лет на территории ООПТ «Медведский бор» Нолинского района Кировской области. Фиксируется сокращение местообитаний неморальных и степных видов, ранее широко представленных в бору.

Проводимые на территории ООПТ мероприятия в рамках Лесотехнического регламента [1] являются недостаточными для сохранения бора в том виде, в котором он существует на сегодняшний день.

Неудивительно, что при анализе современного состояния Медведского бора пришлось, прежде всего, разработать объективную методологию для оценки состояния подростка сосны. На основании онтогенетического и популяционного подходов к характеристике растительных сообществ [2], а также биоморфологического [3] была разработана *методика оценки жизнеспособности подростка сосны и способ сравнения его в разных типах растительных сообществ* [4].

Так, при сплошных рубках в отсутствии «плюсовых» деревьев и хорошо развитом втором ярусе (ель, липа и др. породы) естественное возобновление сосны невозможно, т.к. почти весь подрост не переживает 2-3-хлетний период. Развитие соснового леса на такой территории маловероятно без искусственных посадок. Из второго яруса спустя 2 года может выпасть часть ели, что приводит в дальнейшем к дополнительным финансовым затратам лесопользователя.

При сплошных и санитарных рубках, когда в подлеске незначительное количество замещающих пород, наблюдается активное развитие жизнеспособного подростка сосны. Особенно на участках минерализации и даже спустя 7 лет после рубки. При этом удаление из пазух ценных пород второго яруса (ель) и сохранение высоковозрастного подростка при изменении условий произрастания после рубки приводит к необоснованным экономическим потерям в виде гибели указанных пород.

При череполосных рубках (7-10-летней давности) в сосняках на учетных площадках наблюдается «краевой эффект»: активное развитие жизнеспособного подростка сосны и разрастание степных видов растений. Т.е. возобновление древостоя целевой породы – сосны – обеспечивается путем естественного возобновления.

Судя по спектру жизнеспособности подростка сосны, выборочные рубки наиболее уместны в сосняках не имеющих ели во втором ярусе, в других случаях прогноз указывает на развитие замещающих пород из второго яруса. Сценарий развития на таких участках очень схож со сплошными вырубками с сохранением целевой породы в подросте, но не сосны, а ели.

Положительные результаты воздействия на процесс формирования высокопродуктивных и качественных сосновых ценозов, снижение потерь древесины на всех этапах лесовыращивания получены на участках арендуемых лесов в Кировской области в ходе сотрудничества науки и производства.

С 2011 г. в рамках плановых научных исследований кафедры биологии, НИЛ «Биоморфологии растений» ВятГУ (научный руководитель – д.б.н., проф. Н.П. Савиных) при сотрудничестве с ООО «Нолинская лесопромышленная компания» (ген. директор – Андрей Гугович Гальвас) в соответствии с современной парадигмой природопользования – сохранение биоразнообразия для устойчивого развития – проводятся исследования по организации хозяйственной деятельности на арендуемой территории части ООПТ «Медведский бор». Установлено, что отходы на этой территории возникают и при лесозаготовках, и при лесовосстановлении, что приводит к материальным потерям и финансовым убыткам.

Причины потерь при лесозаготовках:

- 1)Отмирание значительной части деревьев, особенно ели, в последующие 2-3 года после изъятия древесины по границам волоков и в пасеках при чересполосных и выборочных санитарных рубках из-за смены условий существования растений;
- 2)Вынужденное оставление подсосных и больных деревьев из-за малого разрешенного процента выборки древесины (15-20%) при санитарно-выборочных рубках за один прием;
- 3)Сохранение подроста нецелевой породы (например, ели на месте соснового леса), отмирающего после вырубki из-за несоответствия биологических особенностей вида экологическим условиям;
- 4)Порубочные остатки (ветви и сучья деревьев).

В результате возникает не только недобор древесины, но и распространение болезней и вредителей, затруднение естественного самоподдержания лесного сообщества и неистощимого использования ресурсов.

Основные направления минимизации потерь древесных ресурсов:

- 1)Оптимизация существующих технологий лесосечных работ, в том числе: пересмотр доли выборки древесины в ходе рубок, изъятие нецелевой породы из состава леса (особенно в сосняках).
- 2)Сохранение в ходе рубок подроста целевой породы (в данном варианте, сосны, но не ели).
- 3)Переработка порубочных остатков с помощью современных технологий измельчения (например, мульчера) и последующее разбрасывание их по вырубке для перегнивания обеспечивает сохранение созданного в экосистеме вещества.

В результате исследований был предложен *алгоритм хозяйственной деятельности* в сосняках ООПТ «Медведский бор», который обеспечивает:

- экономически целесообразную деятельность компании;
 - выполнение всех лесохозяйственных мероприятий, направленных на минимизацию потерь древесины и воспроизводство лесных ресурсов;
 - сохранение биоразнообразия, водоохраных, защитных и санитарно-гигиенических функций леса.
- Этот алгоритм может стать основой для лесохозяйственной деятельности в различных типах сосновых лесов.

Значительные финансовые затраты требуются также для восстановления лесов после рубок. Исследованиями А.И. Видякина [5] и нашими показано:

- 1)при особых способах рубки (чересполосные постепенные, равномерно-постепенные) и незначительном содействии естественному возобновлению способны к самоподдержанию все типы лесов с участием сосны;
- 2)посадки в других типах леса всех видов хвойных деревьев из-за их биологических особенностей предпочтительны саженцами с закрытой корневой системой.

Таким образом обеспечивается сохранение естественного природного генофонда основных ресурсных древесных растений, значительно снижаются финансовые и трудовые затраты.

Такой механизм хозяйственной деятельности в сосняках ООПТ «Медведский бор» позволяет решить противоречие: экономически целесообразная деятельность компании, сложности ведения хозяйственной деятельности в пределах охраняемых территорий (изъятие древесины) и сохранение биоразнообразия. Этот механизм включает этапы:

- 1)изучение лесного участка, рекомендованного в рубку;
- 2)разработка рекомендаций по типу лесохозяйственной деятельности и времени проведения мероприятий в зависимости от состояния и типа лесного массива;
- 3)контроль над деятельностью лесопользователя и учетом разработанных рекомендаций;
- 4)мониторинг восстановления древесных растений и имеющихся в составе сообщества редких и охраняемых видов.

Проводившаяся совместно с лесопользователем работа показала необходимость индивидуального подхода к организации хозяйственной деятельности не только в пределах ООПТ, но, возможно, и в любом другом отдельном лесном массиве.

Литература

1. Лесохозяйственный регламент Нолинского лесничества Кировской области, Киров, 2008. 221с.
2. Смирнова О.В., Заугольнова Л.Б. и др. Ценопопуляции растений. М., 1976. 217 с.
3. Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. М.: Высшая школа, 1962. 378 с.
4. Савиных Н.П., Зыкин А.Е. Оценка состояния фитоценоза по жизненности особей у подроста эдификаторов // Актуальные проблемы регионального экологического мониторинга: теория, методика, практика: Сб. материалов Всероссийской научной школы (Киров, 16-18 ноября 2004г.). Киров, 2004. С.231-233.
5. Видякин А.И. Естественное возобновление сосны при проведении постепенных рубок в подзоне хвойно-широколиственных лесов Вятско-Камского междуречья // Аграрный вестник Урала, 2012. № 12.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЦЕНОТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕСТ ОБИТАНИЯ *LOBARIA PULMONARIA* НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Иванова Н.В.

ИМПБ РАН, ПущГЕНИ, г. Пущино

Natalya.dryomys@gmail.com

Эпифитный лесной лишайник лобария легочная (*Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm.) имеет обширный ареал в бореальных и умеренных лесах северного полушария. В течение XX в. под влиянием хозяйственной деятельности этот вид практически исчез на равнинной части Европы [7]. На территории России лобария легочная, по всей видимости, до сих пор остается широко распространенным видом [5], но тенденции изменения ее численности и факторы, ограничивающие распространение остаются неизвестными. В предыдущих исследованиях [4] показано, что в Костромской обл. *L. pulmonaria* встречается в основном в северо-восточной ее части, где в большей степени сохранились крупные лесные массивы. Вид был обнаружен в Вохомском, Кологривском, Межевском, Октябрьском, Павинском, Пыщугском, Шарьинском и Чухломском административных районах. На этой территории лобария легочная встречается в сообществах, различных по составу, возрасту и характеру предшествующих воздействий. Цель данной работы – выявить экологические и ценотические особенности мест обитания *L. pulmonaria* на примере лесов заповедника «Кологривский лес».

Полевые исследования проводили в старовозрастных хвойно-широколиственных лесах «ядра» заповедника и средневозрастных хвойно-мелколиственных сообществах в бассейне р. Сеха. Для оценки распространения и ценотической приуроченности *L. pulmonaria* выполняли маршрутные проходы. При этом для каждой находки указывали географические координаты, вид дерева-носителя и тип леса, который определяли по доминанту древостоя и преобладающей эколого-ценотической группе напочвенного покрова на основе принципов, изложенных Л.Б. Заугольной и О.В. Морозовой. В «ядре» заповедника описано 153 форофита лобарии легочной и 218 - в бассейне р. Сеха.

Экологические и ценотические особенности мест обитания *L. pulmonaria* изучали на парных пробных площадях (400 м²). Первую площадь закладывали в месте скопления деревьев-носителей лобарии легочной, а вторую рядом в аналогичном типе леса, но с отсутствием *L. pulmonaria*. На пробных площадях измеряли таксационные характеристики древостоя, выполняли демографическое описание популяций деревьев. Внутри каждой площади выделяли площадку в 100 м², на которой выполняли стандартное геоботаническое описание. Всего заложено 38 пробных площадей (19 пар): по 8 площадей в липняках и ельниках крупнопоротниковых; 6 пробных площадей в ельниках высокотравных, 8 площадей - в ельниках бореально-мелкотравных, по 4 пробных площади в осинниках высокотравных и осинниках кустарничково-бореально-мелкотравных.

Типизацию геоботанических описаний проводили при помощи эколого-ценотического подхода по методике Л.Г. Ханиной с соавт. [6]. Экологическую характеристику сообществам давали по таблицам Элленберга в программе Ecoscale; для каждой площадки рассчитывали баллы по экологическим шкалам, средневзвешенные на обилие видов. Затем проводили непрямую ординацию методом неметрического многомерного шкалирования с использованием меры расстояния Брея-Кертиса. Для определения особенностей мест обитания лобарии легочной, площадки разбивали на две группы по признаку присутствия или отсутствия изучаемого вида. Затем проводили попарное сравнение параметров, измеренных на пробных площадях, у этих двух групп с помощью пермутационного *t*-критерия Стьюдента для парных сравнений ($\alpha=0.05$). Предпочтение лобарией легочной различных по характеристикам форофитов определяли с помощью индекса избирательности Ивлева – Джекобса (*D*) [1]. При этом рассматривали только 19 площадей с присутствием *L. pulmonaria*. Анализировали предпочтение лобарией форофитов разного диаметра и различных онтогенетических состояний.

Результаты маршрутных исследований показали, что в «ядре» заповедника лобария легочная широко распространена и чаще всего встречается в преобладающих в ядре заповедника еловых и липовых сообществах. Так, в крупнопоротниковых, бореально-мелкотравных, кустарничковых и сфагновых ельниках было сделано 57% всех находок *L. pulmonaria*. В липняках крупнопоротниковых и бореально-мелкотравных лобария легочная была встречена 49 раз (30% находок). В березовых и осиновых сообществах на территории ядра заповедника отмечено 10% находок *L. pulmonaria*. В лесах бассейна р. Сеха встречаемость *L. pulmonaria* значительно ниже, чаще всего вид приурочен к небольшим по площади фрагментам еловых и осиновых лесов. В березовых лесах, которые согласно лесотаксационным данным преобладают на этом участке, *L. pulmonaria* встречалась редко (5% встреч).

На исследованной территории форофитами *L. pulmonaria* были деревья 9-ти видов: *Sorbus aucuparia*, *Populus tremula*, *Tilia cordata*, *Ulmus glabra*, *Acer platanoides*, *Salix caprea*, *Betula sp.*, *Picea abies* и *Alnus incana*. Видовой состав форофитов различен на двух исследованных участках. В лесах «ядра» заповедника лобария легочная встречалась на деревьях семи видов, чаще всего на *S. aucuparia* и *T. cordata*. В сообществах бассейна р. Сеха *L. pulmonaria* отмечена на деревьях только трех видов, преимущественно на *P. tremula*.

Ординационный анализ геоботанических описаний, выполненных на парных пробных площадях, показал, что площадки с участием *L. pulmonaria* расположены равномерно по всей ординационной диаграмме и не образуют отдельной группы. Такой результат подтверждает имеющиеся сведения о высокой экологической пластичности этого вида [5].

Попарные сравнения параметров, измеренных на пробных площадях, показали, что из 104-х анализируемых переменных, только 4 значимо отличались на площадях с участием и с отсутствием лобарии легочной. Так, в местах обитания *L. pulmonaria* в напочвенном покрове больше участие видов высокотравной эколого-ценотической группы; ниже доля участия *Betula sp.* в составе древостоев; древесный ярус на площадях с участием лобарии легочной имеет более низкую абсолютную полноту и меньшее проективное покрытие по сравнению с сообществами, где она отсутствовала. Согласно результатам исследований лесов северо востока Костромской обл. [2, 3], такие особенности, как заметное участие видов высокотравной группы в напочвенном покрове и малая доля раннесукцессионных видов в древесном ярусе, характерны для малонарушенных участков. Низкая полнота древостоев и проективное покрытие яруса косвенно свидетельствуют о более высоком уровне освещенности в местах обитания лобарии легочной по сравнению лесами, где она не была обнаружена.

Также проанализированы особенности форофитов *L. pulmonaria*. Выявлено, что лобария легочная способна заселять деревья различных онтогенетических состояний, начиная с виргинильного. Тем не менее, результаты расчетов индекса избирательности Ивлева – Джекобса показали, что *L. pulmonaria* чаще предпочитает более старые деревья в качестве форофитов. Нами не обнаружено значимых различий между диаметрами форофитов *L. pulmonaria* и деревьев тех же видов, не заселенных ею. В то же время индекс избирательности свидетельствует о том, что для изучаемого вида лишайника деревья большего диаметра более предпочтительны для заселения по сравнению с тонкоствольными. Следовательно, полученные нами результаты показывают, что зачатки *L. pulmonaria* могут успешно закрепляться как на молодых, так и на старых деревьях, но старые деревья большего диаметра более предпочтительны для заселения.

Литература

1. Ивлев В.С. Экспериментальная экология питания рыб. М.: Пищепромиздат, 1955. 253 с.
2. Луговая Д.Л. Влияние экологических факторов и природопользования на разнообразие лесных сообществ севера Костромской области // Эко-логия. 2010. №1. С. 9–16.
3. Луговая Д.Л. Разнообразие растительных сообществ после пожаров и ру-бок в лесах Костромской области // Лесоведение. 2008. №4. С. 34–43.
4. Немчинова А.В., Иванова Н.В. Тенденции распространения *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. в лесах Костромской области // Изучение грибов в биогеоценозах: сб. матер. V Междунар. конф. Пермь: Перм. гос. ун-т. 2009. С. 317–321.
5. Пыстина Т.Н., Семенова Н.А. Некоторые аспекты изучения экологических особенностей лишайника *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. на европейском северо-востоке России // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН. 2004. №9 (83). С. 4–9.
6. Ханина Л.Г., Смирнов В.Э., Бобровский М.В. Новый метод анализа лесной растительности с использованием многомерной статистики (на примере заповедника "Калужские засеки") // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2002. Т. 107. № 1. С. 40–48.
7. Werth S. Dispersal and persistence of an epiphytic lichen in a dynamic pasture – woodland landscape. Ph.D. Thesis. Bern: University of Bern, 2005. 121 p.

БОЛОТА АЛТАЯ, ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ

Инишева Л.И.¹, Ларина Г.В.², Сипович О.Ю.³
¹ТГПУ, г. Томск, ²ГАГУ, г. Горно-Алтайск, ³ТГПУ, г. Томск
inisheva@mail.ru

Одними из наиболее интересных природных образований являются горные торфяные болота. Болота Горного Алтая практически не изучены. Безусловно, само по себе явление заболоченности горных территорий не является присущим только Западной Сибири. Гористые местности многих европейских стран, таких как Германия или Финляндия, местами сильно заболочены, но развитие болот здесь связано, прежде всего, с морским влажным климатом. Причины образования болот в сибирских горах, располагающихся в центре континента, в области с сухим континентальным климатом, весьма разнообразны.

С целью выявления геохимической ситуации формирования болот и заболоченностей в 2007-2009гг. были проведены три комплексные экспедиции по болотам Северо-Восточного и Центрального Алтая. А в дальнейшем в Турочакском районе Республики Алтай в 2009-2010гг. были организованы пункты наблюдений за режимами болот Турочакское (эвтрофное болото), Кутюшское (мезотрофное болото). Площадь болота Турочакское - 81 га. Растительность представлена древесно-осоковым фитоценозом. Древесный ярус характеризуется присутствием березы высотой 8 м, диаметром 10 см, встречается сосна. Подлесок средней густоты, образован ивой, средняя высота 2 м. Травяной ярус представлен в основном осокой, реже отмечены хвощ, папоротник. Глубина торфяной залежи (ТЗ) в среднем по болоту составляет 2.5 м при экстремальных значениях 0.6–6.0 м. Возраст болота - 7060±90 лет. Торфа являются высокозольными (20.5 – 49.2 %), слабокислыми (рН = 4.5-4.7). Содержание общего азота 1.98-2.98 %. В изучаемых торфах отмечено высокое содержание подвижного азота (N-NH₄ - 58 - 93, N-NO₃ – 25 - 33 мг/100 г с.в.), фосфора (P₂O₅34 - 146 мг/100 г с.в.). Площадь болота Кутюшское - 850 га. Растительность на болоте и отдельных его частях существенно различается. Встречались почти безлесные пространства, ровные и покрытые сплошным моховым покровом с осокой. В отдельных местах месторождения произрастает береза высотой 2-4 м с редкой сосной и, наоборот, преобладает сосна с редкой березой. В травяном ярусе отмечены осоки лазиокарпа, диандра, лимоза. Моховой ярус сложен сфагновыми мхами. Глубина торфяной залежи средняя – 1.4 м, с экстремальными значениями 0.3-2.1 м. Болото сложено переходными торфами, степень разложения которых изменяется в широких пределах от 5 до 40 %. Торфа нормальнозольные (6–15 %), слабокислые. Содержание подвижного калия и фосфора составляет соответственно – 16 и 51 мг/100г, аммонийного азота 150 - 233 мг/100г. Содержание нитратного азота в несколько раз ниже аммонийного - 25-39 мг/100г.

В пунктах наблюдений на протяжении 2011-2013 гг. изучали гидротермический, окислительно-восстановительный, газовый, биохимический режимы и эмиссию парниковых газов. Все лабораторные исследования проводились в Испытательной лаборатории (№ РОСС RU.0001.516054). Рассмотрим некоторые результаты исследований. Небольшие запасы влаги в снеге слабо пополнили болотные воды (УБВ в весенний период изменялись в пунктах исследования в пределах 20-40 см) и ближе к августу на Турочакском болоте произошло их снижение до 70 см от поверхности, в то время как на Кутюшском УБВ поднялись в этот период к поверхности. Поэтому влажность торфяной залежи на Кутюшском была выше, изменяясь в пределах 0.8ПВ-ПВ. В таких условиях максимальная численность микроорганизмов, как в эвтрофном, так и в мезотрофном болоте отмечается в верхних горизонтах ТЗ, придонные горизонты характеризуются минимальными показателями всех групп микробной биомассы. В целом, эвтрофная ТЗ болота Турочак является более оптимальной средой для развития и функционирования различных групп микроорганизмов. Численность микроорганизмов, усваивающих органические формы азота в ТЗ болота Турочакское, изменялась в пределах 39-125 тыс. КОЕ/г с.т., тогда как в ТЗ болота Кутюшское - от 103 до 594 тыс. КОЕ/г с.т. В ТЗ болота Турочак численность аммонификаторов с глубиной увеличивалась, максимум отмечался в горизонте 350-375 см, в 2 раза превышая численность в поверхностном горизонте. В ТЗ болота Кутюшское численность аммонификаторов с глубиной снижалась, но была в 3-4 раза выше, по сравнению с болотом Турочакское, что свидетельствует о более интенсивном процессе минерализации в мезотрофной ТЗ. Три года исследований за динамикой эмиссии показали, что на болоте Турочак отмечается постепенное увеличение эмиссии СО₂ на протяжении вегетационного периода. В мае происходит поглощение диоксида углерода (-43.92 мгСО₂/м²*час), в июле - выделение (22.43 мгСО₂/м²*час), а в сентябре величина эмиссии достигает максимума (78.14 мгСО₂/м²*час), превышая летние значения примерно в 3.5 раза. Эмиссия метана характеризуется иными закономерностями. В мае фиксировалось поглощение СН₄ (-9,10 мгСН₄/м²*час), в июле – активизация его эмиссии - 8,04 мг/м²*час, которая незначительно увеличилась в сентябре. На мезотрофном болоте Кутюшское

максимальные значения эмиссии как CO₂, так и CH₄, отмечались в мае. В июле и сентябре поток CO₂, и CH₄ был меньше, но если эмиссия CO₂ снижалась почти в 2 раза, то CH₄ незначительно. Статистический анализ многолетних исследований показал, что интенсивность выделения CO₂ болотами достоверно определяется температурой верхнего слоя залежи (0-50 см). Исследования позволили выявить также зависимость интенсивности эмиссии CO₂ от колебаний окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) в верхнем 40-см слое (r=0.61).

Сложная система, которую представляет собой болото, предполагает более тщательные исследования ее органической и биологической составляющей для прогнозирования формирования режимов горных болот. Роль болот на этой территории особенно важна. Они несут огромную ценность в качестве истоков рек и очагов биологического разнообразия. Это в основном болота низинного типа, расположенные в поймах горных рек, по склонам древних террас, нагорным равнинам, озерным межгорным понижениям и высокогорным склонам. Болота приурочены гипсометрическим высотам, где выпадает достаточное для торфонакопления количество осадков. В настоящее время процесс болотообразования, происходит путем зарастания стариц и долинных озер, а также заболачивания суши, лесов и лугов. Кроме поисков и исследования болот, важно уже приступить к формированию фонда болот по направлениям использования. Безусловно, основное использование горных болот будет относиться к их охране.

При выделении фондов приоритет принадлежит охраняемому фонду. В настоящее время существует несколько направлений по выделению охраняемых болот. Первое (геологическое) направление. Согласно «Методическим рекомендациям по заполнению формы федерального государственного статистического наблюдения № 5-гр и составлению территориальных балансов запасов торфа» (2000г.) торфяные месторождения разделяются на группы: эксплуатируемые, резервные, перспективные для разведки, прочие, строящиеся и разведываемые. В число прочих входят охраняемые торфяные месторождения, расположенные целиком или частично на охраняемых территориях (национальные парки, заповедники и т.п.). Такой подход, безусловно, далек от совершенства и относится скорее в целом к заповедуемым территориям.

Второе (биологическое) направление решается учеными-экологами в рамках сохранения болот как водно-болотных угодий (Рамсарская международная конвенция об охране водно-болотных угодий), имеющих международное значение, главным образом, в качестве местообитаний водоплавающих птиц. В России прогнозируется создание не менее 400 участков таких Рамсарских угодий (в настоящее время существует 35). Эта работа ведется при финансовой поддержке международных организаций Wetland International, TESIS, секретариата Рамсарской конвенции, Правительства Нидерландов, международного проекта «Телма».

Это поможет внести ряд особо значимых болот Алтая в список ценных водно-болотных угодий мирового значения. А значит, не только привлечет к ним внимание широкой научной общественности, но и обеспечит сохранность этих уникальных природных объектов.

В заключение хотелось бы еще раз подчеркнуть, что торфяные болота – это одновременно производственный ресурс, элемент ландшафта, сельскохозяйственные и лесные угодья, гидрологические объекты. Поэтому решение вопроса разделения торфяных болот Горного Алтая на эколого-хозяйственные фонды явилось бы важным шагом в поддержании социально-экономической и экологической ситуации этой территории.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки (госзадание ТГПУ № 174) и Гранта РНФ (№ 14-17-00038).

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА НАГОРНЫХ ДУБРАВ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ СФОРМИРОВАННЫХ РУБКАМИ УХОДА (ТЕЛЛЕРМАНОВСКОЕ ОПЫТНОЕ ЛЕСНИЧЕСТВО)

Истомина Я.Г., Каплина Н.Ф.
Институт лесоведения РАН, п/о Успенское
biktimirovayana@gmail.com

Современное изменение климата сопровождается значительными колебаниями, снижающими устойчивость древесных ценозов. С конца 19 века наблюдается периодическое массовое усыхание дубрав центральной и южной Европы. В южной лесостепи наиболее неблагоприятны засушливые годы, воздействие которых усиливается активизацией листогрызущих насекомых [4].

Неблагоприятные периоды сопровождаются характерными волнами усыхания преимущественно дуба. Самоизреживание древесного полога существенно улучшает условия восстановления крон оставшихся деревьев и повышает устойчивость древостоя. Таким образом,

волновое снижение численности дуба можно рассматривать, как адаптацию его ценопопуляций к экстремальным ситуациям.

Низовые рубки ухода сходны с волновым самоизреживанием как по характеру выборки деревьев, так и по влиянию на оставшуюся часть древостоя. Они отличаются предварительным проведением по отношению к неблагоприятным периодам, т.е. их можно рассматривать как профилактическую меру. Исходя из этого, следует ожидать повышения устойчивости роста и продуктивности древостоев, пройденных рубками ухода.

В настоящей работе анализируется многолетняя динамика роста и усыхания деревьев и продуктивности древостоев дуба на постоянных пробных площадях (ППП) в условиях южной лесостепи, в связи с периодическим искусственным (рубки ухода) и естественным (волновое усыхание) изреживанием древостоев. Исследования на ППП наиболее информативны при изучении влияния лесохозяйственных мероприятий на устойчивость древостоев.

Объекты и методы. Опыт начат в 1954 г. Рубки ухода проведены в три приема (повторно в 1963 и 1975 гг.) в разных вариантах по способам и интенсивности [3]. Опыт заложен в двух древостоях. *Квартал 6.* Искусственное насаждение. I бонитет. В начале опыта возраст 22 лет. Практически чистый по видовому составу первого яруса. *Квартал 3.* Предположительно естественный древостой, II бонитет. В 1954 г. возраст 43 года. Доля дуба в составе первого яруса – 40-90%.

На ППП деревья были пронумерованы, периодически до настоящего времени измерялись диаметры и высоты стволов, фиксировался год усыхания, учитывалась фитомасса методом модельных деревьев. В итоге получена многолетняя динамика числа стволов, суммы площадей сечений и объемного запаса, наземной фитомассы.

Результаты и обсуждение. В период массового усыхания дуба в конце 1970-х – начале 1980-х в основном пострадали дубравы на ППП в кв. 3. Причем интенсивность усыхания деревьев дуба на этих ППП была тем ниже, чем меньшим было их число на единицу площади, независимо от причины: из-за интенсивных рубок ухода или низкой доли дуба в насаждении. Наиболее вероятной причиной усыхания является более интенсивная дефолиация шелкопрядом у близко расположенных деревьев дуба. Так, доля выживших дубов с 1971 по 1985 гг. (варьирует от 33 до 74% при табличных значениях для нормальных древостоев – 68%) обратно пропорциональна интенсивности отчуждения листьев непарным шелкопрядом (20 - 60%), зафиксированной в 1985 г. [4], $R^2 = 0.92$. Причем интенсивность объедания листьев на половине ППП существенно отличается от интенсивности в окружающем древостое, т.е. очевидно влияние рубок ухода. Важную роль оказало и наличие менее конкурентоспособных сопутствующих пород (липы, клена, ильма), что повышало средний диаметр дуба и его выживаемость.

Более молодые древостои в кв. 6 в период массового усыхания существенно не пострадали, как и другие дубравы лесничества моложе 60 лет [1, 2, 4], но у многих деревьев наблюдается перевершинивание, скорее всего связанное с ослаблением роста ствола в эти годы.

После периода массового усыхания наблюдалось три засушливых периода средней интенсивности: начало и середина 1990-х и 2009-2010 гг. В середине 1990-х повысилось усыхание деревьев, затем почти полностью прекратившись. В загущенных нагорных дубравах эта волна продолжалась до 2004 г. даже на фоне относительно благоприятных погодных условий. Засушливые 2009-2010 гг. повысили усыхание лишь в тех древостоях, где оно отставало от общей тенденции. В более молодых, чистых по составу древостоях кв. 6, мало пострадавших в период массового усыхания, отпад был более интенсивным и тем больше, чем менее интенсивными были рубки ухода. В древостоях кв. 3, изреженных в период массового усыхания, отпад был тем выше, чем меньше древостой пострадал от усыхания. Причем восстановление крон деревьев лучше шло в более пострадавших насаждениях. Благодаря этим нивелирующим ценопопуляционным процессам, со временем сильно сближаются такие показатели древостоев, как число деревьев, сумма площадей сечений, запас и фитомасса. Наибольшие показатели продуктивности зафиксированы в древостоях при средней интенсивности рубок, а наибольшая их устойчивость – при наибольшей интенсивности рубок ухода. При этом, общая продуктивность (включая отпад и вырубленную древесину) оказалась выше в древостое без рубок ухода.

Чем выше интенсивность рубок ухода, тем существеннее отклонение хода роста среднеквадратического диаметра деревьев дуба (D) в сторону увеличения и тем более развиты кроны и жизнестойки деревья [1, 2]. При этом возрастная динамика D в дубравах отличается стабильностью и практически не зависит от умеренного низового изреживания (вследствие отпада или рубок ухода) в пределах 5-летней естественной нормы. В вариантах с наиболее интенсивными рубками (40-50% по запасу) поддерживается превышение D по сравнению с контролем на 8-16%. После интенсивной волны усыхания заметного увеличения D не наблюдается как в связи с

распространением усыхания на средние и даже крупные деревья, так и со снижением прироста оставшихся деревьев.

Выводы. 1. В неблагоприятные периоды наблюдается волновое самоизреживание древостоев дуба, сравнимое по величине с удалением деревьев при рубках ухода, но в меньшей степени способствующее росту по диаметру ствола. 2. Рубки ухода оказали положительное влияние на рост по диаметру ствола и развитие крон деревьев. Максимальная продуктивность достигнута при средней интенсивности, а максимальная устойчивость хода роста – при максимальной интенсивности рубок ухода. 3. Сопутствующие породы, уступающие по конкурентоспособности дубу черешчатому, повышают устойчивость дуба, в т.ч. сдерживая интенсивность повреждения листьев насекомыми. 4. Наиболее устойчивым ходом роста, на который можно воздействовать рубками ухода, отличается средний диаметр древостоя, коррелирующий с развитием крон и жизнестойкостью деревьев в древостое.

Работа поддержана РФФИ (гранты 12-04-01347, 12-04-01077), грантом Президента РФ НШ-1858.2014.4. и Программой фундаментальных исследований ОБН РАН «Биологические ресурсы России».

Литераура

1. Каплина Н.Ф. Динамика прироста деревьев в нагорных антропогенных дубравах южной лесостепи // Лесоведение. 2006. № 4. С. 3 - 11.
2. Каплина Н.Ф., Селочник Н.Н. Морфология крон и состояние дуба черешчатого в средневозрастных насаждениях лесостепи // Лесоведение. 2009. № 3. С. 32 - 42.
3. Молчанов А.А. Воздействие антропогенных факторов на лес. М.: Наука, 1978. 138с.
4. Состояние дубрав лесостепи. М.: Наука, 1989. 230 с.

ОСОБЕННОСТИ ПРИРОСТА РАЗНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ ТИПИЧНОЙ ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Калугина С.В., Митряйкина А. М., Польшина М.А.
НИУ "БелГУ", г. Белгород
Kalugina_S@bsu.edu.ru

Адаптация живых организмов к условиям окружающей среды относится к числу важнейших общетеоретических проблем современной науки. Возрастающие темпы и масштабы преобразования природы, принимающие в современных условиях глобальный характер, выдвигают проблему приспособления биоты на одно из первых мест в мировой науке.

Постоянно меняющиеся условия среды в природных экосистемах за длительные периоды времени можно изучать только по косвенным источникам. По мнению Лазуренко Л.Б., среди всех остальных источников годичные кольца обладают рядом преимуществ [1]:

- существенно развиты теоретические и методические основы дендрохронологии, опирающиеся на такие принципиальные положения, как перекрестное датирование, повторность, чувствительность к внешним изменениям, постоянство реакции на климатические изменения;
- годичные кольца являются интеграторами влияния внешних условий и одновременно их характеристики регистрируют изменения скорости роста под воздействием этих меняющихся условий;
- так как процесс формирования годичных колец растянут в сезоне, разные их характеристики могут служить показателями изменения среды с гораздо большим, чем год, временным разрешением.

В течение своей жизни древесные растения постоянно испытывают влияние внешних факторов (наиболее мощные по силе воздействия – климатические), напряженность которых в отдельные годы значительно отклоняется от средней многолетней величины, что вызывает ответную реакцию растения.

Интенсивность воздействия климатических факторов на прирост древесины зависит от биологических особенностей пород, географических условий произрастания древостоя и т.д. Существование взаимосвязи этих процессов можно считать доказанным, хотя механизм воздействия солнечной активности на величину радиального прироста пока не до конца раскрыт.

Нами изучены максимально разнородные древесные спилы дуба черешчатого (18 объектов) и сосны обыкновенной (26 объектов) для территории типичной лесостепи Среднерусской возвышенности [2]. Для выявления закономерностей естественной цикличности в динамике

природных процессов на территории Центральной лесостепи был использован новый подход к стандартизации временных рядов, который позволил надежно элиминировать возрастной тренд. Длительность временных рядов по нескольким образцам удалось довести до 224 лет (как для дуба черешчатого и сосны обыкновенной).

Проанализированы возможности дендрохронологического и дендроклиматического анализа еще для 21 древесной породы. Также нами изучены индивидуальная и паратипическая изменчивость в динамике радиального прироста, особенности формирования годичных колец на территории Центральной лесостепи. Центральная лесостепь характеризуется засушливыми климатическими условиями с неравномерным увлажнением, как в течение года, так и по отдельным годам, поэтому основным фактором, лимитирующим радиальный прирост древостоев, является влага.

Принято считать, что к концу жизни дерево имеет более узкие кольца радиального прироста (низкая амплитуда колебаний) и поэтому графики радиального прироста, как правило, имеют убывающий возрастной тренд. Изученные древесные породы, можно разделить на две группы по направленности возрастного тренда: возрастающий и убывающий тренды.

Убывающий тренд характерен для следующих пород деревьев: дуб черешчатый, акация белая, береза повислая, тополь серебристый, тополь черный (осокорь) (в большинстве случаев), сосна обыкновенная (в большинстве случаев), сосна меловая, сосна кедровая сибирская, сосна Веймутова, ель колючая, лжетсуга тисолистная, вишня-антипка (черемуха-магалебка), черемуха обыкновенная, клен полевой, клен ясенелистный, липа мелколистная (в большинстве случаев), берест (вяз граболистный), лещина обыкновенная.

Возрастающий тренд характерен для ольхи серой, осины (тополь дрожащий), лиственницы европейской (сибирской), ясеня обыкновенного, груши обыкновенной. Выделенный возрастающий тренд объясняется единичными образцами спилов и максимальным возрастом 63 года.

По характеру амплитуды колебаний радиального прироста все породы деревьев разделены были на группы. Характер колебаний радиального прироста свидетельствует о степени сенсорности дерева к климатическим изменениям. Наиболее сильная реакция на изменение климатических факторов выявлена у тополей черного и серебристого. Наименее сенсорная древесная порода к изменениям климата – вяз граболистный.

По всем фактическим данным (ширина годичного кольца) нами рассчитаны коэффициенты вариации (V , %). В итоге, большая часть спилов имеет значения V в пределах 30-60 %. Для дальнейших исследований по выявлению воздействия отдельных климатических характеристик на ширину годичного кольца мы использовали спилов с $V > 60$ % (имеют значительные отклонения от среднего значения и являются наиболее чувствительными к изменениям внешних факторов). Число таких экземпляров составило 17,31 % от общего количества.

Для анализа связей климатических факторов с радиальным приростом древостоев были выбраны следующие показатели: солнечная активность (числа Вольфа), осадки за год, значения среднегодовых температур, суммы температур выше 10 °С и коэффициент биоклиматического потенциала солнечной энергии (Q) по метеостанциям г. Белгорода и г. Воронежа. Данные радиального прироста проанализированы без учета возрастных особенностей.

При анализе динамики радиального прироста и колебаний климатических факторов установлено, что все древесные породы реагируют на экстремальные климатические условия формированием аномально узкого или широкого кольца сразу же и даже оказывают определенное влияние на ширину следующего годичного кольца. Выявлено сильное влияние климатических условий предшествующего года на формирование годичного кольца настоящего (лаг 1 год).

Из изученных пород сильнее зависимы от условий влагообеспеченности, чем от теплообеспеченности отдельных лет: береза повислая, тополь черный, клен ясенелистный, акация, ольха, берест, ясень.

Также выявлено, что в динамике прироста деревьев минимальные значения гораздо более ритмичны и более показательны в прогностическом отношении, чем максимальные. Ранее на основе теоретических расчетов и практических опытов [3] установлено, что для территории лесостепи урожайность агрофитоценозов в засушливые годы снижается на 20-30 %, а в переувлажненные и холодные годы – 6-25 %. Таким образом, установлена цикличность минимальных радиальных приростов (по частоте их проявления), равная 4 годам, что соответствует повторяемости засух на территории Центрального Черноземья.

Полученные результаты позволяют сформулировать вывод: для изучения особенностей биоклиматических условий в условиях лесостепи наиболее чувствительными объектами, среди выше перечисленных пород деревьев, являются деревья-интродуценты (особенно хвойные породы). Это можно объяснить тем, что, во-первых, у интродуцентов замедлена реакция на изменения климата умеренных широт, во-вторых, процесс вегетации хвойных пород длится в течение всего календарного года.

Литература

1. Лазуренко Л.Б. Дендроклиматология сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) в условиях Центральной лесостепи: Автореф. дис... канд. биол. наук: 03.00.16. Воронеж, 2002. 22 с.
2. Митряйкина А.М. Геоэкологическая оценка влияния гелиоклиматических факторов на радиальный прирост деревьев: Автореф. дис. ...канд. геогр. наук:25.00.36. Воронеж: ВГУ, 2006. 23 с.
3. Устойчивость земледелия: проблемы и пути решения (под ред. академика УААН В.Ф. Сайко).- Киев: Урожай, 1993. 320 с.

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ ЛЕСНОГО ПОКРОВА ПОСЛЕ МАССОВОГО РАЗМНОЖЕНИЯ СИБИРСКОГО ШЕЛКОПРЯДА ПО РАЗНОВРЕМЕННЫМ КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ

Князева С.В., Эйдлина С.П., Жирин В.М.
ЦЭПЛ РАН, г. Москва
knsvetl@gmail.com

В бореальных лесах постоянно происходят крупномасштабные изменения под воздействием природных и антропогенных факторов среды, таких как сплошные рубки леса, природные пожары, массовые вспышки размножения насекомых-вредителей леса. Слежение за восстановлением нарушенных таёжных лесов и их биоразнообразием остается актуальной задачей современного лесоведения и лесоводства.

Сибирский шелкопряд (*Dendrolimus superans sibiricus* Tschetw) является основным вредителем хвойных лесов Сибири и Дальнего Востока. Вспышки увеличения численности этого насекомого-вредителя, вызванные сочетанием благоприятных погодных условий, особенно разрушительны в темнохвойной тайге с преобладанием пихты и кедра. В лесах Красноярского края в период 1994-1996 годов площадь только погибших лесов в результате массового размножения сибирского шелкопряда составила около 200 тыс. га. Естественное восстановление темнохвойных лесов после их гибели крайне затруднено, сукцессии, индуцированные сибирским шелкопрядом, включают длительно-производную смену пород. В ряде случаев лесовозобновления не происходит (часто это связано с многократными пожарами) и на месте темнохвойной тайги образуется новая экосистема.

Для решения задачи оценки последствий массового размножения сибирского шелкопряда в темнохвойной тайге проведен анализ динамики нарушенного лесного покрова модельной территории Красноярского края за период 1989-2013 гг. на основе космических снимков Landsat 5, 7 и 8. В качестве показателей динамики использованы значения спектральной яркости космических снимков в виде производных индексных изображений – вегетационного индекса NDVI и коротковолнового вегетационного индекса SWVI, отражающего стресс растительности вследствие неблагоприятных факторов среды. На основе разности значений индексов, рассчитанных для ненарушенных лесных экосистем (1989 г.) до начала массового размножения сибирского шелкопряда, и для поврежденных экосистем (2000 г., 2006 г., 2013 г.) созданы карты погибших насаждений. При помощи методов пространственного анализа средствами геоинформационного продукта ArcGIS определены количественные показатели, отражающие площадь погибших насаждений через шесть, двенадцать и почти двадцать лет после массовой вспышки шелкопряда в период 1994-1996 гг. На примере восьми кварталов проведен детальный анализ динамики площадей погибших насаждений и влияние такого деструктивного фактора, как пожары.

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЕ ЛЕСОВ ЮГО-ВОСТОЧНОГО КРЫМА

Кузнецов М.Е.
Карадагский природный заповедник, пгт. Курортное
mkyznetsov@mail.ru

Регион Юго-восточного Крыма сформирован Судак-Меганомским низкоргорным, шибляково-фриганным ландшафтом и Карадагским древневулканическим фриганно-лесным ландшафтом, и включает в свой состав южный макросклон Крымских гор от Морского Судакского района до Феодосии общей площадью 72 000 га [4]. Основные закономерности растительного покрова Юго-Восточного Крыма, в том числе и его лесов, определяются географическим положением, высотой над уровнем моря, особенностями климата, рельефа, геологического строения почв и, в большой степени, хозяйственной деятельностью человека. Леса в регионе занимают 32.5 тыс. га - или 42.4% его территории. Характерной чертой этих лесов является сравнительно большое количество формаций, образующих в местах контакта друг с другом переходные группировки. Лесные насаждения в Юго-

Восточном Крыму представлены формациями: *Pineta pityusae*, *Junipereta excelsior*, *Pistacieta muticae*, *Querceta pubescentis*, *Querceta petraeae*, *Carpineta orientalis*, *Carpineta betuli*, *Fraxineta excelsioris* и *Fageta sylvaticaе ssp. moesiacaе*. Четыре из приведенных формаций в свое время были занесены в Зеленую Книгу Украины. Кроме того, в составе перечисленных формаций произрастают краснокнижные виды древесной флоры, в т.ч. и эндемики, формирующие местами чистые насаждения – липа пушистостолбиковая, клен Стевена, тисс ягодный и др. [1].

Интенсивное хозяйственное использование лесов региона ведет свое летоисчисление со времен Геродота, когда греческие колонисты сплавляли заготовленную древесину Понтом Эвксинским в метрополию. В Средневековье приложили руку к вырубке крымских лесов и, прежде всего, на юго-востоке Крыма генуэзцы, истребившие леса в районе от мыса Святого Ильи до Коктебеля. Наибольшие потери лесные насаждения в регионе понесли в начале и середине XX века. Длительное воспроизводство дубрав вегетативным путем привело к сильной их деградации. Еще в начале XX столетия В.И. Станкевич писал о вырождении дуба в окрестностях Судака, указывая, что "могучий" дуб в возрасте 80 лет достигает там толщины 2-3 вершка (9-13 см) и высоты 6-8 аршин (4.3-5.7 м). «Печать вырождения лежит на всех дубравах вегетативного происхождения. Порослевые леса низкорослые, недолговечные, отличаются низкой продуктивностью, начинают суховершинить в 70-80 лет» [2]. Юго-восток Крыма за два последних века на 50% лишился естественных лесов, что повлекло за собой деградацию ландшафтов региона и, прежде всего, основных природных составляющих – почвенного и растительного покрова. Порослевой путь возобновления дубрав в наше время практически невозможен, т.к. большинство порослевых древостоев 8-10 генерации перешагнули тот возраст, в котором они обычно дают поросль после рубки. Семенное же возобновление также затруднено в связи с незначительным количеством осадков, выпадающих в регионе - до 400 мм в год и высокой смываемостью почв. С 50-х годов прошлого века лесные насаждения региона Юго-восточного Крыма полностью потеряли свое промышленное значение [3].

Неоднократные попытки восстановить лесные массивы на Юго-востоке Крыма, предпринимавшиеся в конце XIX века (культуры Зибольда в районе Феодосии) и на протяжении XX вв. оказались малоэффективными т.к. при их создании не учитывались климатические, почвенные и ландшафтные особенности региона. Древесные породы, из которых создавались лесные культуры в Юго-восточном Крыму, не соответствовали экологическим условиям региона и не воссоздали планируемого «зеленого пояса» вокруг городов и его курортных зон. Так, например, террасирование и лесопосадки на безлесных склонах хребта Карагач и горы Святой (в настоящее время территория Карадагского заповедника) привели к невозможной потере ландшафтного своеобразия и уникальности природного памятника [5]. Более того, искусственные насаждения из сосны крымской страдают от регулярных засух, а также несут в себе угрозу возникновения пожаров.

Интенсивные рубки лесов в 19-20 вв., некорректное проведение лесовосстановительных работ без учета экологических факторов и, в первую очередь, дефицита влаги, упор на сосну крымскую при посадке лесных культур говорит об отсутствии экологических знаний у специалистов, участвовавших в принятии решений по лесокультурным работам в регионе. А уже в настоящее время отстранение специалистов природоохранных учреждений от принятия решений, связанных с целесообразностью изменения ландшафтов, нарушения растительного и почвенного покрова в регионе, ведет к повторению исторических ошибок и усугублению экологического кризиса. Понимая сложившуюся ситуацию, правительство Республики Крым с сентября 2014 года запретило в лесах полуострова осуществлять рубки всех видов до принятия программы восстановления его лесов.

В связи с изложенным, единственным выходом из сложившейся ситуации в условиях нарастающего экологического кризиса в Юго-восточном Крыму, вызванного интенсивным антропогенным преобразованием ландшафтов в XIX-XX вв., является создание природного национального парка (ПНП), стратегической задачей которого будет решение проблем сохранения и восстановления ландшафтного и биологического разнообразия региона и, прежде всего, его лесов, а также координация программы создания современной рекреационной инфраструктуры Юго-восточного Крыма. В его состав, наряду с территориями Судаковского и Старокрымского лесхозов, должны войти также ООПТ региона: ботанический заказник «Новый Свет», природные ландшафтные парки «Эчки Даг –Лисья Бухта», «Тихая Бухта – Янышары», «Гора Клементьева» и Урочище «Кизилташ». Общая площадь природного национального парка «Киммерия» должна составить 43000 га.

Литература

1. Биологическое и ландшафтное разнообразие Крыма: проблемы и перспективы. Научно-практический сборник "Вопросы развития Крыма". Выпуск 11. Симферополь, "Сонат", 1999, 179 с.

2. Биоразнообразиие Крыма: оценка и потребности сохранения. Материалы, предоставленные на международный рабочий семинар (под ред. В.В.Корженевского и др.)- Программа Поддержки Биоразнообразия. Гурзуф, ноябрь – 1997, 104 с.
3. Выработка приоритетов: новый подход к сохранению биоразнообразия в Крыму. Результаты программы «Оценка необходимости сохранения биоразнообразия в Крыму», осуществленной при содействии Программы поддержки биоразнообразия BSP. – г. Вашингтон, США: BSP, 1999. 257 с.
4. Ена В.Г. Научно-прикладные основы создания природного национального парка «Таврида» и Большой Эколого-этнографической тропы в Крыму, Симферополь, Сонат, 2000, 103 с.
5. Кузнецов М.Е., Морозова А.Л. Юго-восточная часть ПНП «Таврида». Функциональное зонирование и программа воссоздания лесов региона. / Материалы 4-ой международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы устойчивого развития регионов». 27-28 июля 2000 г. Ч. I. Симферополь–Феодосия, 2000, 104 с.

СЛУЧАЙНЫЕ ЦЕПИ КАК МОДЕЛИ ЛЕСНЫХ СУКЦЕССИЙ (ОБЩИЙ ВЗГЛЯД И ЧАСТНЫЕ ПРИМЕРЫ)

Логофет Д.О.

ИФА им. А.М. Обухова, г. Москва

daniLaL@postman.ru

Марковские цепи как специальный тип случайных процессов, дискретных по времени и пространству состояний, весьма популярны в различных прикладных областях, включая экологические сукцессии. Пионером в данной области был, по-видимому, Henry S. Horn [11], но в учебники (по системной экологии) впервые тему марковских цепей как моделей сукцессии попытался «запустить» John N.R. Jeffers [12] почти 40 лет назад. На простом (гипотетическом) примере смены состояний вересковой пустоши в столетней перспективе: «болото – вереск – лес – выпас», – он проиллюстрировал базовые принципы марковской идеологии и сформулировал достоинства и недостатки марковского формализма в описании сукцессий. Сегодня его критика не актуальна, а отсутствие четких математических формул порождало стойкие заблуждения относительно метода анализа соответствующих моделей. Базовые же принципы сводятся к следующему [4].

Состояния случайной цепи (и их конечное число) отождествляются с различными стадиями сукцессии и фиксируется величина шага по времени Δt (от года до десятков лет), с которым может регистрироваться смена состояний (или отсутствие смены). Концептуальная схема сукцессии описывает направления возможных смен во времени среди выделенных стадий. Марковское свойство цепи состоит в том, что распределение вероятностей переходов из любого состояния цепи за один временной шаг зависит только от самого этого состояния и не зависит от того, каким путем оно достигнуто («отсутствие памяти»). В сущности, приняв определенную схему переходов (без дополнительных условий/ограничений), исследователь принимает и постулат марковости. Конечное распределение $x(t)$ вероятностей состояний цепи в заданный момент времени t интерпретируется как распределение относительных площадей под растительностью соответствующих стадий сукцессии (гипотеза эргодичности), и в этом принципе заложена возможность калибровки модели по эмпирическим данным (современные ГИС-технологии [14, 8, 9]).

Объектом калибровки служит матрица переходных вероятностей (или переходная матрица) P , строение которой задается концептуальной схемой сукцессии как орграфом, ассоциированным с данной матрицей. Если матрица разложима (синоним – приводима, *reducible*) – что можно установить через свойство сильной связности/ несвязности орграфа, – то у цепи есть поглощающее состояние (или поглощающее подмножество состояний), и формализм поглощающих цепей отвечает классической парадигме сукцессионной теории, т.е. направленному движению от пионерных стадий к климаксу (или субклимаксовым состояниям). Если переходная матрица неразложима (неприводима, *irreducible*), то соответствующая марковская цепь регулярна и отражает циклический характер сукцессии.

В случае однородной (по времени) цепи, т.е. когда матрица $P(t) = P$ постоянна на каждом шаге (что соответствует сохранению скоростей всех сукцессионных переходов), известные матрично-алгебраические формулы теории конечных цепей Маркова [1] позволяют получить из матрицы P важные количественные показатели модельной цепи: матрицу средних времен до поглощения (для поглощающих цепей), матрицу средних времен первого достижения (для регулярных цепей), вектор предельного (равновесного) распределения вероятностей состояний цепи, средние длительности каждой стадии. Если переходная матрица откалибрована по реальным данным, то модель дает количественные результаты – уникальные по содержанию и объективные настолько, насколько справедливо допущение однородности.

Но именно однородность цепи оказывается наиболее уязвимой для критики по результатам калибровки переходной матрицы на данных по распределению площадей [14, 8, 9], причем качество калибровки (по критерию оптимальности) снижается по мере удлинения временного ряда данных [9]. Когда матрицу удастся оценить на одном-двух шагах, разнесенных во времени ($t_2 > t_1$), по принципу

$$\mathbf{x}(t_1 + \Delta t) = \mathbf{P}(t_1) \mathbf{x}(t_1), \quad \mathbf{x}(t_2 + \Delta t) = \mathbf{P}(t_2) \mathbf{x}(t_2),$$

различные данные $\mathbf{x}(t)$ закономерно порождают и различающиеся матрицы $\mathbf{P}(t_2) \neq \mathbf{P}(t_1)$, т.е. модель оказывается неоднородной [1]. Такая формальная неоднородность сама по себе не способна объяснить причины, ее породившие, в отличие от неоднородности логической – когда скорости сукцессионных переходов поставлены в зависимость от ключевых факторов среды, влияющих на ход сукцессии [3, 5]. Теряя элегантность алгебраических формул однородной цепи, логически неоднородные модели открывают принципиальную возможность долгосрочного прогноза по сценариям изменения климата [5–7].

Марковский формализм допускает и сценарии долгосрочного планирования/ управления лесным хозяйством [10], причем здесь удастся показать, что экологическую парадигму (поликультурные насаждения, сохранение биоразнообразия) можно совместить с парадигмой экономической (максимизация прибыли).

Когда в концептуальной схеме сукцессии отдельные переходы обусловлены дополнительными ограничениями, цепь теряет свойство марковости, но приобретает возможность воспроизводить более широкий круг эффектов, например, эффект недостижимости климатса при недостаточном уровне биоразнообразия [13].

Разнообразие примеров, гибкость в приложениях и относительная несложность исполнения [4] убеждают, что моделирование с помощью марковских/немарковских цепей может и должно стать самостоятельным разделом темы «НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСАМИ».

Литература

1. Виноградов Б.В., Фролов Д.Е., Попов В.П. Опыт моделирования динамики экорегиона с помощью неоднородных цепей Маркова // Докл. АН СССР. 1989. Т. 309. № 5. С. 1263–1266.
2. Кемени Д.Д., Снелл Д.Л. Конечные цепи Маркова. М.: Наука, 1970. 272 с.
3. Князьков В.В., Логофет Д.О., Турсунов Р.Д. Неоднородная марковская модель сукцессии растительности заповедника Тигровая балка // Математическое моделирование популяций растений и фитоценозов / Под ред. Логофета Д.О. М.: Наука, 1992. С. 37–48.
4. Логофет Д. О. Марковские цепи как модели сукцессии: новые перспективы классической парадигмы // Лесоведение, 2010. № 2. С. 46–59.
5. Логофет Д.О., Голубятников Л.Л., Денисенко Е.А. Неоднородные марковские модели сукцессии растительности: новые перспективы старой парадигмы // Изв. РАН. Сер. биол. 1997. № 5. С. 613–622.
6. Логофет Д.О., Денисенко Е.А. Принципы моделирования динамики растительности с учетом изменений климата // Журн. общ. биологии. 1999. Т. 60. № 6. С. 527–542.
7. Логофет Д.О., Денисенко Е.А., Голубятников Л.Л. Сукцессии в лесостепи в условиях изменения климата: модельный подход // Журн. общ. биологии. 2005. Т. 66. № 2. С. 136–145.
8. Логофет Д.О., Евстигнеев О.И., Алейников А.А., Морозова А.О. Сукцессия, вызванная жизнедеятельностью бобра (*Castor fiber L.*): I. Уроки калибровки простой марковской модели // Журн. общ. биологии. 2014. Т. 75. № 2. С. 95–103.
9. Логофет Д.О., Евстигнеев О.И., Алейников А.А., Морозова А.О. Сукцессия, вызванная жизнедеятельностью бобра (*Castor fiber L.*): II. Уточненная марковская модель // Журн. общ. биологии (в печати).
10. Feldman O., Korotkov V.N., Logofet D.O. The monoculture vs. rotation strategies in forestry: formalization and prediction by means of Markov chain modelling // J. Environmental Management, 2005. V. 77. P. 111–121.
11. Horn H.S. Markovian properties of forest successions // Ecology and Evolution of Communities / Eds. Cody M.L., Diamond J.M. Cambridge, Mass.: Harvard Univ. Press. 1975. P. 196–211.
12. Jeffers J.N.R. An Introduction to Systems Analysis: with ecological applications. London: Edward Arnold, 1978. 198 p. (Русский перевод: Джефферс Дж. Введение в системный анализ: применение в экологии. М.: Мир, 1981. 252 с.)
13. Korotkov V.N., Logofet D.O., Loreau M. Succession in mixed boreal forest of Russia: Markov models and non-Markov effects // Ecol. Model. 2001. V. 142. № 1–2. P. 25–38.
14. Logofet D.O., Korotkov V.N. 'Hybrid' optimisation: a heuristic solution to the Markov-chain calibration problem // Ecol. Model. 2002. V. 151. № 1. P. 51–61.

ВЛИЯНИЕ ПЫЛЕВЫХ ВЫБРОСОВ СИЛИКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА СОСНОВЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Майшанова М.И.

Российский университет кооперации
mmayshanova@mail.ru

Техногенное воздействие человечества на окружающую его среду, резко возросшее во второй половине XX столетия (Израэль, 1984), приобрело в настоящее время глобальный характер. Масштабы и темпы антропогенной деятельности опережают во многих случаях не только адаптивные возможности организмов и экосистем, но и, самое главное, уровень научных знаний об особенностях их поведения и функционирования в изменившейся экологической обстановке, что, несомненно, обуславливает необходимость проведения фундаментальных и прикладных исследований реакции биоты на различные виды и концентрации загрязнителей (Неронов и др., 1983). В полной мере это относится к лесным биогеоценозам как сложным самоорганизующимся динамическим открытым системам (Корзухин, Семевский, 1992). Факторы, определяющие состояние лесных экосистем, действуют комплексно, часто синергически (Спурр, Барнес, 1984), поэтому для оценки их состояния необходим системный подход, который в исследованиях иногда отсутствует.

В настоящее время подробно изучены последствия воздействия на лесные экосистемы аэротехногенного загрязнения от металлургических и химических предприятий (Ярмишко, 1994; Черненькова, 2002; Мартынюк, 2009; Фомин, 2011), подробно рассмотрено влияние на них выбросов цементных заводов (Бериня и др., 1985; Армолайтис и др., 1995; Шелуха, 2003, Valter et al., 2011). Особенности же влияния на лесные экосистемы силикатного производства, продукция которых крайне востребована в современных условиях в связи с активным градостроительством, изучено не так подробно. Недостаточно изученным является также вопрос о миграции химических элементов в лесных экосистемах при загрязнении окружающей среды кальцийсодержащими выбросами.

Цель: проведение комплексного экологического исследования с оценкой влияния длительного загрязнения среды аэротехногенными выбросами силикатного производства на состояние сосновых экосистем Среднего Поволжья и выявить закономерности изменения ее структурной организации.

Объектом исследования являлся массив соснового леса, расположенный в квартале 27 Силикатного участкового лесничества с северной стороны Марийского завода силикатного кирпича (Республика Марий Эл), произрастающего на связно-песчаной дерново-слабоподзолистой почве, сформированной на флювиогляциальных песках. Тип лесорастительных условий переходный от сухого к свежему бору (А₁₋₂). В данном биотопе на разном удалении от источника загрязнения было заложено девять учетных лент на расстоянии от 80 до 1500 м, на которых проведена оценка массы и состава пылевых выбросов, физико-химических параметров органо-минерального горизонта и почвы, зольного состава древесины, коры и хвои деревьев сосны обыкновенной, состояния древостоя, структурной организации подпологовой растительности и почвенной мезофауны.

Согласно результатам исследования в пылевых выбросах силикатного производства присутствует большой набор компонентов, основными из которых являются кальций и стронций. Ареал распространения большинства поллютантов небольшой: стабилизация объема выпадающей пыли и массы большинства входящих в ее состав химических элементов происходит на расстоянии 400-700 м от завода. Данной закономерности не подчиняются только марганец и никель, концентрация которых наиболее велика на расстоянии 280-340 м от источника загрязнения. Щелочные выбросы способствовали в сосновых экосистемах нейтрализации среды, повышению водопоглотительной способности и улучшению лесорастительных свойств рыхло-песчаных дерново-слабоподзолистых почвах Среднего Поволжья образованием нового дерново-карбонатного техногенного горизонта.

На загрязненной территории изменился химический состав коры и древесины, а особенно хвои деревьев сосны. Содержание в древесине золы и большинства зольных элементов значительно ниже, чем в хвое и коре. Исключением являются лишь стронций и кадмий, которых в древесине содержится больше, чем в хвое. В древесине, по сравнению с корой, больше содержится калия и цинка. Наиболее значительно повысилась в хвое, по сравнению с фоновым уровнем, концентрация стронция, кальция и кадмия. Вблизи источника загрязнения повышено также содержание в хвое железа, цинка и свинца. Повышенное содержание в почве кальция и стронция вблизи завода приводит к резкому снижению концентрации в хвое, коре и древесине марганца, который является, исходя из этого, хорошим индикатором известкового загрязнения среды. Лучшими индикаторными способностями по оценке ответных реакций деревьев на загрязнение окружающей среды обладает хвоя деревьев, однако для оценки химического состава выбросов пыли и ареала их распространения

лучше всего использовать полотно хлопчатобумажной ткани, которыми обвязывают стволы деревьев на высоте 2.5-3 м.

Загрязнение среды выбросами силикатного производства привело, в целом, увеличению обилия и видового разнообразия травяно-кустарникового яруса (всего 53 вида растений, на фоновом участке встречается 33 вида), бриофлоры (всего 48 видов, а на фоновом участке – 19 видов) по сравнению с фоновым уровнем.

Крайне негативно повлияли щелочные выбросы на лишенофлору, которая в районе действия силикатного производства практически отсутствует на расстоянии 350-400 м от него (всего 58 видов, из них 17 видов встречается на расстоянии 80-390 м от завода, а на фоновом участке - 51 вид). На стволах деревьев сосны вместо исчезнувших лишайников появляется водоросль *Trentepohlia* sp., а на почве и валеже – колонии цианобактерий *Nostoc* sp. Устойчивы к загрязнению лишайники *Lecanora hagenii*, *Verrucaria* sp. и *Gyalectasp.*

Загрязнение среды выбросами силикатного производства привело к существенному изменению структурной организации и численности почвенных беспозвоночных, а также увеличению их видового разнообразия по сравнению с фоновым уровнем. Так, наиболее богата на объекте исследования фауна жесткокрылых (121 вид) и пауков (115 видов). На объекте исследования встречены также два вида сенокосцев, полужесткокрылые (7 видов) и 11 видов наземных моллюсков. На фоновом участке встречается 16 видов жуков (без учета видов семейства Staphylinidae), 2 вида клопов, один вид сенокосца, 21 вид пауков и 3 вида моллюска. Наиболее представительной группой по численности в сообществе почвенных беспозвоночных являются паукообразные, далее жесткокрылые, полужесткокрылые и моллюски

Весьма значительным фактором варьирования обилия многих видов растений и беспозвоночных являются погодные условия, которые часто перекрывают воздействие известкового загрязнения. Существенное влияние на численность беспозвоночных оказывает также число мест для их укрытия и выведения потомства, зависящее от структуры подпологовой растительности и наличия крупных деревьев.

Пылевые выбросы силикатного производства привели к существенному изменению таксономического и типологического разнообразия подпологовой растительности и комплекса почвенной мезофауны на загрязненной территории по сравнению с фоновым уровнем, что свидетельствует о негативном воздействии данного загрязнения. Однако, известковое загрязнение не сказались существенным образом на состоянии эдификатора, его способности к росту и самовосстановлению, что свидетельствует о приспособительной реакции сосновых экосистем к подщелачиванию окружающей среды.

ЕЛЬНИКИ ЗОНЫ СМЕШАННЫХ ЛЕСОВ: ГЭП-ДИНАМИКА ИЛИ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОСЛЕ РАСПАДА ДРЕВОСТОЯ?

Маслов А.А.

Институт лесоведения РАН, п/о Успенское
am-pyrola@mail.ru

На примере сообществ старовозрастных ельников Московской области рассматривается динамика древостоя (и популяции ели в целом) в условиях заповедного режима. Цель работы – анализ фактов и доводов «за» или «против» различных гипотез динамики (гэп-динамика, динамика ветровальных окон, неравномерный волновой процесс распада/возобновления древостоя). Наблюдения проводились на постоянных пробных площадях в нескольких типах леса на протяжении 25-30 лет. Модальный возраст всех ельников превышает 100 лет.

В процессе работы не удалось выявить факты в пользу модели гэп-динамики, а именно, быстрое замещение особями подроста ели возникших в верхнем пологе прорывов после выпадения одиночных крупных деревьев. Возобновление в ветровальных окнах (групповой отпад деревьев в результате урагана) наблюдалось в ельнике неморально-кисличном; оно имело единичный характер и не могло компенсировать выпавшие деревья. Групповой отпад деревьев верхнего полога в кисличном и неморально-кисличном ельниках имел преимущественно патологический характер (корневые и комлевые гнили, энтомокомплекс); возникшие окна зарастали лещиной, возобновление ели в этих окнах было подавлено. В чернично-сфагновом ельнике с высокой численностью подроста ели переход подрост в древостой имел достаточно постоянный характер, но только в крупном окне. В результате экстремальной засухи 2010 г. во всех изученных типах ельников наблюдался массовый отпад деревьев в результате вспышки короеда типографа. Имевшийся в ельнике-черничнике и ельнике чернично-сфагновом подрост способен быстро обеспечить возобновление древостоя. Однако в ельниках неморального типа с отсутствием или малым количеством подроста процесс

восстановления ели будет иметь более сложный и продолжительный характер. На месте распавшихся кисличных ельников на первой стадии формируются заросли из рябины, лещины; самосев ели при этом отсутствует.

В целом, результаты проведенной работы в зоне смешанных лесов больше свидетельствуют в пользу гипотезы волнового процесса распада/возобновления еловых древостоев.

РАССЕЛЕНИЕ ЛЕСНЫХ ТРАВ НА ЗАБРОШЕННЫЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ УГОДЬЯ В ЗАПОВЕДНИКЕ КАЛУЖСКИЕ ЗАСЕКИ

Москаленко С.В., Бобровский М.В.
ИФХиБПП РАН, г. Пущино
moskalenkosvetlana@yandex.ru

Изучению экосистем на заброшенных сельскохозяйственных угодьях посвящено большое число исследований в России и за рубежом. Одним из приоритетных направлений являются работы, направленные на изучение инвазионных способностей растений на залежи.

Целью настоящей работы является выявление особенностей расселения лесных видов трав на зарастающие пашни и пастбища.

Объект и методика исследования. В качестве объекта для изучения особенностей расселения лесных видов трав выбраны участки зарастающих пашен и пастбищ (выгонов), расположенные внутри крупного массива старовозрастных дубрав на территории Южного участка заповедника «Калужские засеки». Эта территория, известная под названием «Чичин луг», была расчищена из-под леса в XVIII веке [2] и выведена из сельскохозяйственного оборота 25-30 лет назад. За прошедшее время она не испытывала антропогенных воздействий. Граница с землями старовозрастных дубрав является наиболее богатыми во флористическом отношении лесными сообществами заповедника [1].

В 2011-2013 гг. были выполнены описания травяно-кустарничкового яруса зарастающих пашен и пастбищ с учетом обилия видов по комбинированной шкале Браун-Бланке. Описывали примыкающие площадки 2 м x 2 м, которые закладывали на трансектах, перпендикулярных границе широколиственного леса. Длина трансекты определялась дальностью расселения лесных видов трав (до 122 м). Видовые названия сосудистых растений даны в соответствии со сводкой С.К. Черепанова (1995).

Обсуждение результатов

Расселение летневегетирующих видов трав. По результатам исследования травяно-кустарничкового яруса, сформировавшегося на заброшенных пашнях, были выявлены особенности расселения 27 летневегетирующих видов трав.

Первыми из лесных видов трав заброшенные пашни заселяют виды анемохоры, (*Pyrola rotundifolia*, *Stellaria holostea*, *Aegopodium podagraria*, *Equisetum sp.*, *Dryopteris carthusiana*) и зоохоры (*Ranunculus cassubicus*), которые распространяются на 100-120 м от стены леса. Среди анемохор доминантами являются *Pyrola rotundifolia* и *Stellaria holostea*; часто они встречаются крупными пятнами. Доминирование этих видов связано с их высокой вегетативной подвижностью (до 1 м за сезон) [6]. Постепенно они уступают территорию более конкурентоспособным видам. Несмотря на значительную дальность расселения, большинство видов-анемохор встречаются с низкой константностью и низким обилием.

После видов-анемохор и зоохор на пашнях поселяются виды-мирмекохоры (*Asarum europaeum*, *Pulmonaria obscura*, *Lamium maculatum*, *Galeobdolon luteum* и др.). Они заселяют территорию сплошным фронтом и суммарно доминируют в напочвенном покрове на расстоянии до 40-60 м от широколиственного леса. Преимущества в освоении территории у этих видов связано с разносом их семян муравьями, а также с активным вегетативным размножением, особенно существенным в условиях затенения. Наконец, эти виды имеют сравнительно широкие амплитуды толерантности по отношению к освещенности и увлажнению почвы [3, 4, 5, 6].

Наибольшая константность встреч на территории бывших пашен отмечена для *Pyrola rotundifolia*, *Stellaria holostea*, *Galium odoratum*, *Dryopteris carthusiana*, *Paris quadrifolia*, *Ranunculus cassubicus*, *Stachys sylvatica*, *Carex sylvatica*.

На зарастающих пастбищах были выявлены особенности расселения 35 видов летневегетирующих лесных трав. Ситуация с распространением трав на пастбищах в целом похожа на ситуацию с их распространением на пашнях, однако расселение трав на зарастающих пастбищах в основном приурочено к их краевой части: к участкам с максимальным развитием древесно-кустарниковой растительности и отсутствием дернины, сформированной лугово-опушечными видами. Ширина краевой части варьирует, достигая 70–90 м.

Среди лесных видов первенство в расселении на пастбища принадлежит видам анемохорам (*Equisetum* sp., *Pyrola rotundifolia*, *Stellaria holostea*); дальность их расселения составляет до 80-96 м. На большое расстояние (до 70-82 м) расселился и зоохорный вид *Ranunculus cassubicus*. Среди видов, распространяющихся преимущественно муравьями, высокие значения константности и обилия отмечены для *Pulmonaria obscura*, *Galeobdolon luteum*. Остальные виды лесных трав имеют спорадическое распространение на зарастающих пастбищах.

Расселение эфемероидов. На бывших пашнях четыре вида эфемероидов (*Allium ursinum*, *Corydalis halleri*, *Anemone ranunculoides*, *Ficaria verna*) за 30 лет восстановительной сукцессии расселились на расстояние до 38 м от широколиственного леса, при этом данные виды встречаются в основном с высокой константностью. Максимальное расстояние встреч *C. marshalliana* составило 20 м, вид встречается спорадически.

На бывших пастбищах встречено три вида эфемероидов (*Allium ursinum*, *Anemone ranunculoides*, *Ficaria verna*), которые за 25-30 лет восстановительной сукцессии расселились на расстояние до 50 м от широколиственного леса, все виды встречаются с высокой константностью.

На зарастающих пастбищах, в отличие от пашен, не обнаружены виды из рода *Corydalis*. Эти виды не были обнаружены и в примыкающих к пастбищам участках старовозрастного леса. Отсутствие *Corydalis* sp. в лесных сообществах рядом с пастбищами мы связываем с выпасом скота. На основе изучения расселения более 40 лесных видов трав мы пришли к выводу, что заселение пашен происходит быстрее, чем пастбищ. В итоге, к 25-30 годам восстановительной сукцессии расстояние максимального распространения лесных трав на пашнях в 1.5 раза превышает таковое на пастбищах. На пастбищах их распространение связано со сниженной конкуренцией со стороны лугово-опушечных трав, вызванной неблагоприятной световой обстановкой под пологом формирующегося леса.

Работа поддержана проектом РФФИ №12-04-01734.

Литература

1. Бобровский М.В., Ханина Л.Г. Заповедник «Калужские засеки» // Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России. Под ред. Л.Б. Заугольной. М.: Научный мир, 2000. С. 104-124.
2. Восточноевропейские широколиственные леса / Под ред. О.В. Смирновой. М.: Наука. 1994. 364 с.
3. Смирнова О.В., Зворыкина К.В. Копытень европейский // Биол. флора Моск. обл. Вып. 1. М.: Изд-во МГУ, 1974. С. 41-51.
4. Смирнова О.В., Торопова Н.А. Зеленчук желтый // Биол. флора Моск. обл. Вып. 3. М.: Изд-во МГУ, 1976. С. 139-150.
5. Смирнова О.В. Медуница неясная // Биол. флора Моск. обл. Вып. 4. М.: Изд-во МГУ, 1978. С. 179-190.
6. Смирнова О.В. Структура травяного покрова широколиственных лесов. М.: Наука. 1987. 206 с.
7. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб: Мир и семья – 95. 1995. 990 с.

ДОЛГОВРЕМЕННЫЙ МОНИТОРИНГ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ: ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Овчинникова Н.Ф.
ИЛ СО РАН, г. Красноярск
nf_2004@mail.ru

Вопросы динамики лесной растительности остаются открытыми не только по причине ее разнообразия, но и из-за различия методических подходов, используемых исследователями. Большинство сведений о динамике лесов собраны косвенным методом сравнительного изучения растительных сообществ, составляющих пространственные сукцессионные ряды. Само предположение, что изучение изменений во времени можно заменить исследованием изменений сообществ в пространстве, вносит субъективизм при сборе материала [1,4,5]. Современными методами моделирования и дистанционного изучения невозможно решить ряд вопросов без наземных данных [2,3,18 и др.]. А материалы лесостроительства, используемые учеными разных специальностей, не могут заменить натурные наблюдения и приводят порой к неверным выводам, т.к. изначально ориентированы на определенные хозяйственные цели. Таблицы хода роста дают лишь усредненные таксационные характеристики древостоев того или иного возраста и бонитета при высокой полноте [5].

Наиболее достоверные результаты о динамике растительности могут быть получены при длительном изучении на постоянных пробных площадях (ППП). Долговременный мониторинг ППП позволяет проверять гипотезы и заставляет пересматривать ряд устоявшихся мнений [1,5,7,16]. В Красноярском крае с 60-х годов прошлого столетия ППП закладывались в различных лесорастительных условиях в насаждениях разного происхождения, возраста, породного состава. Большая заслуга в создании, сохранении ППП и уникальных данных, принадлежит ветеранам Института леса СО РАН П.М.Ермоленко [15] и В.В.Кузьмичеву. Благодаря им работы на ППП можно продолжать и в наше время. В последние годы объем исследований сильно сокращен, несмотря на помощь с 2003 г. студентов СФУ. Только на части ППП изучается возрастная и восстановительная динамика древесной растительности в различных лесорастительных условиях, нарушена периодичность полевых работ. Основное внимание уделяется изучению онтогенеза и ценогенеза главных лесообразующих пород, прежде всего хвойных [6,9,10,13 и др.]. Для изучения лесной динамики используются разные подходы и методы [10,14]. Почти 20 лет назад начат перевод данных наблюдений с бумажных носителей в электронную форму [8]. На сегодняшний день часть данных оформлена в пополняемую базу данных [17].

В наших исследованиях (с 1984 г.) мы исходим из того, что многие нарушения, вызванные антропогенным воздействием, сходны с теми, которые происходили и происходят в результате действия природных факторов, поэтому в происходящих изменениях структуры насаждений проявляется приобретенное в результате естественного отбора видов свойство биотических систем определенным образом реагировать на такие нарушения, изменяться в процессе сопряженной эволюции в определенном направлении, пребывая в равновесно-сменном состоянии [10,13]. Многолетнее наблюдение за лесной растительностью в Западном Саяне показало, что при естественном ходе процесса смен возрастных этапов кедровых древостоев они проходят, так называемую, пихтовую фазу, а после сплошных рубок восстановительная динамика поливариантна. На настоящем этапе в наиболее продуктивном черневом поясе в производных древостоях достаточное количество подроста кедра сибирского, при сохранении которого может быть сформирован кедровый древостой, однако его состояние не гарантирует в ближайшие годы восстановление кедровой формации, ее фитоценотической роли. Успешное возобновление пихты сибирской в течение ряда лет, сменившееся преобладанием отпада подроста над появлением самосева, гибель оставленного при рубке тонкомера и предварительного возобновления хвойных, и при этом закрепление позиций осины, формирование ею на вырубках высокобонитетных насаждений в черневом поясе [6,10], для которого насаждения из данной породы были ранее не характерны, и более интенсивное появление и лучший рост последующего возобновления кедра и пихты под березовым пологом [9,10], свидетельствует, что у кедра и пихты имеются адаптивные механизмы для сосуществования в черневом поясе Западного Саяна с березой, а не с осинкой. Важно, что осинковые насаждения, сформировавшиеся на вырубках в ряде мест могут быть не только производными, но и длительно-производными, а возможно и климаксовыми [11,19].

В заключение, необходимо отметить, что хотя метод ППП стал применяться с середины XIX в. в геоботанических исследованиях, а лесоводы стали использовать его раньше [16], изучение лесов на стационарных объектах охватывает относительно небольшой промежуток времени. Такого рода исследования очень трудоемки, требуют усилий не одного поколения исследователей, поэтому весьма малочисленны [5]. Этого недостаточно для получения полных результатов, необходимых для установления закономерностей динамики лесной растительности под воздействием эндогенных и экзогенных факторов, требуемых для устойчивого управления лесами [13]. До сих пор не решено ряд методических вопросов, нет реестра ППП, не существует единой широко применяемой программы длительных наблюдений на ППП. Необходимо поддержание ППП в натуре, проведение на них регулярных наблюдений по единой методике и сохранение материалов полевых исследований. Последнее связано с тем, что интерпретация первичных данных зависит от уровня современных знаний и они не теряют со временем своей ценности [1,5]. В настоящее время очевидна необходимость объединения усилий разных структур и ведомств, а не только отдельных людей, для сохранения и использования еще имеющегося наследия.

Литература

1. *Абатуров А.В., Меланхолин П.Н.* Естественная динамика леса на постоянных пробных площадях в Подмоскowie. Тула: Гриф и К, 2004. 336 с.
2. *Буренина Т.А., Овчинникова Н.Ф., Федотова Е.В.* Изменение структуры водного баланса на вырубках черневого пояса Западного Саяна // География и природные ресурсы. 2011. №1. С. 92-100.
3. *Буренина Т.А., Федотова Е.В., Овчинникова Н.Ф.* Изменение структуры влагооборота в связи с возрастной и восстановительной динамикой лесных экосистем // Сиб. экол. журн. 2012, №3, С. 435-445.

4. Василевич В.И. Очерки теоретической фитоценологии. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1983. 247 с.
5. Кузьмичев В.В. Закономерности динамики древостоев. Новосибирск: Наука, 2013. 208 с.
6. Кузьмичев В.В., Овчинникова Н.Ф., Ермоленко П. М. Восстановительная динамика темнохвойных лесов на сплошных вырубках в Западном Саяне // Лесное хоз-во. 2002. № 6. С. 22-24.
7. Манько Ю.И., Кудинов А.И., Гладкова Г.А., Бутовец Г.Н. Грабовый широколиственно-елово-кедровый лес за период 1962-2003 гг. (Уссурийский заповедник, Южное Приморье) // Сиб. экол. журн. 2009. №6. С.917-926.
8. Овчинникова Н.Ф. Использование компьютерных технологий при стационарных исследованиях // Лесные стационарные исследования методы, результаты, перспективы. Тула: Гриф и К°, 2001. С. 155-157.
9. Овчинникова Н.Ф. Фитоценотические особенности возобновления кедра и пихты сибирской в производных послерубочных лесах черневого пояса Западного Саяна // Проблемы кедра, 2003. вып. 7. С. 127-134.
10. Овчинникова Н.Ф. Возобновительные процессы в производных лесах черневого пояса Западного Саяна: Автореф. дис. ...к.б.н.: 03.00.16 и 06.03.03. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2005. 17 с.
11. Овчинникова Н.Ф. О синантропности *Populus tremula* L. // Синантропизация растений и животных. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2007. С. 195-198.
12. Овчинникова Н.Ф. Динамика структуры древостоев на постоянных пробных площадях в Западном Саяне // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т.14, 1(5). С. 1344-1347.
13. Овчинникова Н.Ф. Эволюция, морфология, фенология у лесообразующих пород // Современные проблемы биологической эволюции. Москва. М.: ГДМ, 2014. С.349-352.
14. Овчинникова Н.Ф., Ермоленко П.М., Пугачева И.Ю. К методике изучения динамики структуры древостоев // Актуальные проблемы лесного комплекса. Вып. 10. Брянск: БГИТА, 2005. С. 39-42.
15. Овчинникова Н.Ф., Черепнин В.Л. Памяти Петра Мифодьевича Ермоленко // Ботан. исслед. в Сибири, вып. 15. Красноярск, 2007. С. 84-85.
16. Рысин Л.П. Кедровые леса России. – М.: Товарищество научных изданий КМК. 2011. 240 с.
17. Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2011620706. Учеты деревьев на постоянных пробных площадях Красноярского края. / Н.Ф. Овчинникова, А.Е. Овчинников - № 2011620602, зарег. 30.09.2011.
18. Филенкова Н.В., Суховольский В.Г. Захаров Ю.В. Овчинникова Н.Ф. Кластерная модель ветроустойчивости деревьев с учетом ближайших соседей // Хвойные бореальной зоны. 2011. Т. 28. 1-2. С.91-97.
19. Чижов Б.Е., Санников С.Н., Казанцева М.Н., Глухарева М.В. и др. Ценолитическая роль осины в лесах Западной Сибири // Лесоведение. 2013. 2. С. 3-14.

ИНВАЗИОННЫЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ В ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВАХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Панасенко Н.Н.
БГУ, г. Брянск
panasenkobot@yandex.ru

В 2011-2014 на территории Брянской области проводились исследования по изучению распространения и активности инвазионных видов растений [1,3,5,6,7].

В лесных сообществах отмечены ивазионные виды растений, относящиеся к следующим группам (Панасенко, 2014):

1. Виды-«трансформеры», активно внедряются в естественные и полустественные сообщества, изменяют облик экосистем, нарушают сукцессионные связи, выступают в качестве эдификаторов и доминантов, образуя значительные по площади одновидовые заросли, вытесняют и (или) препятствуют возобновлению видов природной флоры. Растения «трансформеры» выделены на основании разработанной бальной шкалы [4]. В настоящее время следует признать формирование принципиально новых для Средней России лесных сообществ с доминированием *Acer negundo*, *Amelanchier spicata*, *Heraclеum sosnowskyi*. Внедрение заносных видов изменяет структуру и флористический состав исходных сообществ. За счет затенения и возможного аллелопатического воздействия снижается проективное покрытие и разнообразие травяно-кустарничкового яруса. Скорее всего, изменится и сукцессионный ряд сообществ, т.к. под пологом инвазионных видов не появляются всходы древесных растений.

Acer negundo L. формирует в прирусловой части поймы рек сообщества ассоциации *Aceri negundi-Salicetum albae* Bulokhov et Charin 2008 [2]. В составе сообществ отмечены *Salix fragilis*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Bidens frondosa*. На склонах балок клен ясенелистный формирует дериватное

сообщество *Acer negundo–Ulmus laevis* [*Quercus–Fagetea* / *Galio–Urticetea*]. *Acer negundo* встречается в сообществах пойменных дубрав, в подлеске нарушаемых (в т.ч. саженных) сосновых лесов.

Amelanchier spicata (Lam.) C. Koch формирует в сосняках зеленомошниках (сообщества ассоциаций *Dicrano–Pinetum sylvestris* Preising et Knapp ex Oberdorfer 1957 и *Molinio caeruleae–Pinetum sylvestris* (E. Schmid. 1936) em W. Matusz. 1973) кустарниковый ярус (сомкнутость 40-100%) высотой 4-5 м. Сообщества с доминированием ирги в кустарниковом ярусе в сосняках отнесены к дериватному сообществу *Pinus sylvestris–Amelanchier spicata* [*Vaccinio–Piceetea*] [1]. Сообщества с доминированием ирги в осинниках неморальнотравных отнесены к сообществу *Carex pilosa–Betula pendula/Populus tremula* [*Quercus–Fagetea/Vaccinio–Piceetea*] [8]. Единичные неплодоносящие экземпляры ирги встречались в сосняках сфагновых, лишайниковых, ельниковых и ольшаниках.

Heracleum sosnowskyi Manden. образует заросли (ОПП до 100%) в разнотравных березняках по склонам и днищам балок, формируя дериватное сообщество *Heracleum sosnowskyi–Betula pendula* [*Quercus–Fagetea*]. В пойме р. Десна описано дериватное сообщество *Salix fragilis–Heracleum sosnowskyi* [*Salicetea purpureae* / *Galio–Urticetea*]. На восстанавливающихся залежах мы наблюдали внедрение борщевика Сосновского в сообщества сформированные *Salix carpea* и *Populus tremula*.

Echinocystis lobata (Michx.) Torr. & Gray отмечен в сообществах ассоциации *Urtico dioicae – Alnetum glutinosae* Bulokhov et Solomeshch 2003 в долинах рек, но не играет там значительной роли. По сырому днищу балки описано дериватное сообщество *Salix fragilis–Echinocystis lobata* [*Salicetea purpureae* / *Galio–Urticetea*], в котором проективное покрытие *Echinocystis lobata* составляет 100%.

Solidago canadensis L. внедряется в молодые березняки (20-25 лет) сформировавшиеся на месте лугов (в пойме) и на залежах.

2. Адвентивные виды, активно расселяющиеся и натурализующиеся в нарушенных, полуестественных и естественных местообитаниях, их внедрение, как правило, не влияет на состав и структуру исходных сообществ.

Bidens frondosa L. Единично в сообществах пойменных дубрав по нарушенным местам (кабаны порою).

Conyza canadensis (L.) Cronq. Встречается по антропогенным (противопожарные полосы, старые кострища) зоогенным (кротовины, муравейники, порою) нарушениям на вывалах в березняках разнотравных и сосняках зеленомошниках.

Erigeron annuus (L.) Pers. Так же как и предыдущий вид, часто сохраняется в восстанавливающихся березняках и сосняках на залежах.

Impatiens grandulifera Royle. Единично отмечен на склонах балок в березняках разнотравных. *Impatiens parviflora* DC. Отмечен в пойменных дубравах, в сырых нарушенных сосняках.

Sambucus racemosa L. участвует в образовании подлеска нарушаемых сосняков (в т.ч. и саженных), формируя дериватное сообщество *Pinus sylvestris–Sambucus racemosa* [*Vaccinio–Piceetea*].

Salix fragilis L. Формирует сообщества ассоциации *Salicetum fragilis* Psrg. 1957 в прирусловой части пойм рек.

3. Адвентивные виды, инвазии в естественные и полуестественные местообитания на территории региона в настоящий момент единичны и, как правило, приурочены к окрестностям населенных пунктов, заброшенным паркам, старым посадкам:

Amorpha fruticosa L. Единично в сосняках зеленомошниках.

Cornus alba L. Формирует подлесок в сообществах пойменных черноольховых лесов ассоциации *Urtico dioicae–Alnetum glutinosae* Bulokhov et Solomeshch 2003 [9].

Crataegus monogyna Jacq. Единичные особи встречаются в березняках разнотравных по склонам балок, на опушках сосняков.

Fraxinus pennsylvanica Marsh. Единичные молодые растения отмечены в пойменных дубравах и прирусловых ивниках с кленом ясенелистным.

Grossularia reclinata (L.) Mill. Единичные особи встречаются в березняках разнотравных.

Robinia pseudoacacia L. Вблизи населенных пунктов отмечено семенное возобновление и инвазия робинии в сообщества сосняков и березняков разнотравных.

Исследование поддержано грантом РФФИ № 12-04-33193, 13-04-97525.

Литература

1. Булохов А.Д., Клюев Ю.А., Панасенко Н.Н. Сообщества неофитов в Брянской области // Бот. журн. 2011. Т. 96. № 5. С. 606-621.
2. Булохов А.Д., Харин А.В. Растительный покров Брянска и его пригородной зоны Брянск, 2008. 310 с.

3. *Панасенко Н.Н.* Black-list флоры Брянской области // Российский Журнал Биологических Инвазий. 2014. № 2. С. 127-131.
4. *Панасенко Н.Н.* Растения - «трансформеры»: признаки и особенности выделения // Вестник Удмуртского университета. 2013. Сер. 6 Вып. 2. С. 17-22.
5. *Панасенко Н.Н., Анищенко Л.Н., Поцелай Ю.Г.* Новые сведения о сообществах инвазионных видов в Брянской области // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2013. Т. 118. № 1. С. 73-80.
6. *Панасенко Н.Н., Ващекин А.И.* Инвазионные растения и их активность на территории заповедника «Брянский лес» и охранный зоны // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флоры России и стран ближнего зарубежья: Материалы IV международной научной конференции. М.-Ижевск, 2012. С. 159-161.
7. *Панасенко Н.Н., Харин А.В., Ивенкова И.М., Елисеенко Е.П.* Растения-трансформеры и их сообщества на территории Брянской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 1 (4). С. 1092-1096.
8. *Семенович Ю.А., Кузьменко А.А.* Лесная растительность моренных и водно-ледниковых равнин северо-запада Брянской области. Брянск, 2011. 112 с.
9. *Семенович Ю.А.* Фитоценологическое разнообразие Судость-Деснянского междуречья. Брянск, 2009. 400 с.

ИЗМЕНЕНИЯ ЛЕСНОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА ПЕРИОД 2000-2012 гг. ПО ДАННЫМ GLOBAL FOREST CHANGE

Петухов И.Н.
КГУ им. Н.А. Некрасова, г. Кострома
hen8787@mail.ru

Использование космических снимков для оценки параметров (характеристик) лесов приобретает все большие масштабы. Одним из примером данного явления является Глобальная карта изменений лесного покрова на планете Земля - Global Forest Change [1], составленная сотрудниками одной из лабораторий университета штата Мэриленд, США. В качестве первичных данных о состоянии лесного покрова были использованы серии разновременных космических снимков Landsat TM/ETM+ и данные полевых исследований. Созданная карта отображает изменения, произошедшие в лесном покрове Земли с 2000 по 2012 годы, т.е. в начале XXI века. Карта выложена в свободном доступе по адресу - [http://earthenginepartners. appspot.com/science-2013-global-forest](http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest). В данной интерактивной карте содержится множество тематических растровых слоев:

- нарушений лесного покрова (в целом за период 12 лет и отдельно по годам);
- восстановления лесного покрова (за период в 12 лет);
- «маска» лесных и нелесных территорий, т.е. участков земли покрытых и непокрытых лесом;
- состояния лесного покрова на начало (2000 г.) и конец (2012 г.) исследования;
- прочие.

Данная карта может быть использована в качестве базовой для получения ряда производных продуктов, позволяющих:

- оценить скорости сокращения/увеличения площади лесного покрова в административных (государство, регион, область, район) или природных границах (биомах, ландшафтах);
- провести оценку углеродного баланса (расчет углеродного пула);
- оценить качество управления лесными ресурсами – рассмотреть экологические и экономические аспекты.

Нельзя оставить без внимания достоинства данной карты:

- объективность оценки, независимой от особенностей организации по учету лесного фонда, т.е. полная независимость от административных границ областей, регионов, государств и т.д.;
- высокое пространственное разрешение равное 30 метров на один пиксел изображения;
- привязка к местности, позволяющая сопоставить данные карты с натурными исследованиями, а также со снимками более высокого пространственного разрешения.

На основе продукта Global Forest Change произведена оценка изменения лесного покрова в границах Костромской области. Обработка данных Global Forest Change производилась при помощи геоинформационных программ – GRASS 6.4.3 и Quantum GIS 2.0. Общая площадь нарушения лесов за ревизионный период с 2000 по 2012 гг. составила 198.7 тыс. га. Наибольшие площади нарушения зафиксированы в Буйском (13.3 тыс. га), Парфеньевском (12.5 тыс. га) и Шарьинском (15.5 тыс. га) районах, минимальные в Нерехтском (0.9 тыс. га), Красносельском (0.6 тыс. га) и Сусанинском (2.5 тыс. га) районах области.

Данные о сокращении площади лесного покрова были бы неполными, если не рассмотреть их без данных о лесовосстановлении. Общая площадь восстанавливаемых лесов за ревизионных период с 2000 по 2012 гг. составила 204.7 тыс. га (что на 6 тыс. га больше, чем площади нарушенных лесов). Анализ данных о увеличении площадей лесного покрова по районам показал, что наибольшее увеличение площадей зафиксированы в Антроповском (13.0 тыс. га), Кологривском (12.3 тыс. га) и Вохомском (15.4 тыс. га) районах, наименьшее в Нерехтском (1.2 тыс. га) и Красносельском (1.4 тыс. га) районах области.

Однако следует понимать, что задача по выделению зарастающих площадей является более нетривиальной по сравнению с выделением нарушений лесного покрова. В связи с этим значительно увеличиваются шансы допущения ошибок при выделении данных территорий. Поэтому требуются дополнительные мероприятия по валидации карты в целом и по зарастающим участкам в частности. Для аналитики интересно сопоставление площадей нарушенного лесного покрова с площадями восстанавливаемых лесов, т.е. имеет ли место баланс между нарушением и лесовосстановлением. Сопоставление площадей показало, что в целом баланс по районам Костромской области - соблюден. Однако для двух районов наблюдается негативное явление – значительное превышение площади нарушений по сравнению с лесовосстановлением (отрицательный баланс) - это явление наблюдается в Солигаличском (-4.6 тыс.га) и Шарьинском (-3.5 тыс.га) районах. Следовательно в данных районах можно рекомендовать увеличить интенсивность лесовосстановительных мероприятий.

Создатели карты Global Forest Change позволили пользователям проследить динамику сокращения площадей лесного покрова по годам. Особенно эффектно это смотрится в виде слайд шоу и дает представления о скорости сведения лесов в некоторых районах мира. Для Костромской области были составлены графики площадей нарушения лесного покрова по годам. В целом для региона видна тенденция ежегодного увеличения площадей нарушений лесного покрова. Также можно оценить средние ежегодные площади нарушения лесного покрова по районам Костромской области. Наибольшие ежегодные площади нарушений приходятся на Шарьинский (1.3 тыс.га/год), Буйский (1.1 тыс.га/год) и Парфеньевский (1.0 тыс.га/год) районы области.

Графики ежегодного нарушения лесного покрова по районам области позволяют выделить так называемые «пиковые годы», т.е. годы на которые приходятся максимальные площади нарушений лесов. Например, анализ графиков для Судиславского и Островского районов свидетельствует о том, что в 2010 году произошли очень крупные по площади нарушения (массовые ветровалы), причина – ураган июня 2010 года [2, 3]. Такое же явление наблюдается на территории Солигаличского района области, причина та же - ураган, но в июле 2010 года [2, 3].

Таким образом, продукт Global Forest Change является источником независимой и объективной информации позволяющим проводить многостороннюю оценку изменений лесного покрова во времени и пространстве.

Литература

1. Hansen M.C., Potapov P.V., Moore R., Hancher M., Turubanova S.A., Tyukavina A., Thau D., Stehman S. V., Goetz S. J., Loveland T. R., Kommareddy A., Egorov A., Chini L., Justice C. O., Townshend J. R. G. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change // *Science* Vol.342 - 2013.11.15, p. 850-853.
2. Петухов И.Н., Немчинова А.В. Пространственная структура массовых ветровалов на территории Костромской области // *Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова*. 2011. № 1 С. 19-24.
3. Петухов И.Н., Немчинова А.В., Грозовский С.А., Иванова Н.В. Характер и степень повреждения лесных фитохор на участке массового ветровала Костромской области // *Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова*. 2011. № 5-6. С. 23-32.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕСНОГО ПОКРОВА ВОСТОЧНО-ТУВИНСКОГО НАГОРЬЯ

Самбуу А.Д.
ТувИКОПР СО РАН, г. Кызыл
sambuu@mail.ru

Тува расположена между 50–54° с.ш. и 89–99° в.д. Границы республики на западе, севере и востоке проходят в основном по водораздельным горным хребтам высотой 2000–3000 м н.у.м. и лишь на юге – по приподнятым равнинам и предгорьям на высоте 800–1000 м.

В орографическом отношении Тувинская ландшафтная область Алтае-Саянской горной страны, имеет ясно очерченные границы, которая отделяет горную часть от низкогорий и предгорных

впадин [1]. Характерной особенностью рельефа Тувы является наличие высоких хребтов и нагорий, расположенных главным образом, по ее окраинам и межгорным впадинам [2]. Рельеф является самым мощным фактором пространственной неоднородности почвенного покрова Тувы. Роль рельефа состоит, во-первых, в образовании резко различных биоклиматических поясов, связанных с большими колебаниями абсолютных высот (вертикальная, зональная); во-вторых, в резком перераспределении тепла и влаги, а отсюда растительности и почв в зависимости от экспозиции отдельных элементов рельефа и др. Среди лесных почв различают следующие типы: горнотаежные кислые оподзоленные и неоподзоленные, горные подзолистые, горнолесные дерновые, серые горнолесные и горнотаежные торфянистоглеевые [3].

Природно-климатические условия в целом благоприятны для произрастания лесной растительности, но резкие отклонения погодных условий в отдельные годы от средних показателей – засушливые периоды, ухудшающие условия для прорастания семян и развития всходов, поздние весенние заморозки до 15 июня и ранние осенние заморозки с 15 августа, значительно сокращают период активной вегетации. Низкие температуры зимой до минус 48-53°С, вызывающие глубокие морозобойные трещины, сильные ветры до 20 м/сек и более, вызывающие буреломы и ветровалы в сочетании с низким естественным плодородием почв, отрицательно влияют на рост и развитие особенно молодых и лесных культур.

Леса занимают 49 % от общей площади республики и приурочены в основном к горным поднятиям. Распространение лесных сообществ по вертикали изменяется в зависимости от географической широты района и ориентации макросклона хребтов.

В северных и северо-восточных районах Тувы (хр. Западный и Восточный Саяны) верхняя граница леса и, следовательно, нижняя граница тундрово-лугового пояса, приурочена к абсолютной высоте 1800 м; в центральных массивах (хр. Танну-Ола) – к 2100–2200 м, на юго-западе (хр. Монгун-Тайга) высокогорные луга и тундры находятся на высоте 2400 м. По растительному покрову этот пояс неоднороден и включает леса, заросли кустарников (ерники), горные луга, мохово-лишайниковые тундры и гольцы. Каждое из этих образований не имеет сплошного, поясного распространения, но встречается совместно с другими, чередуясь то большими, то меньшими площадями в пределах одних и тех же высот, в зависимости от форм рельефа, увлажнения и почвенных условий [4, 5].

Лесной покров Тувы сложен девятью формациями: лиственничной (*Larix sibirica* Ledeb.), кедровой (*Pinus sibirica* Du Tour), сосновой (*Pinus sylvestris* L.), еловой (*Picea obovata* Ledeb.), пихтовой (*Abies sibirica* Ledeb.), поникшеберезовой (*Betula pendula* Roth), мелколистноберезовой (*Betula microphylla* Bunge), осиновой (*Populus tremula* L.) лавролистно-тополевой (*Populus laurifolia* Ledeb.). Больше всего лиственничных и в несколько меньше кедровых лесов. Участие остальных формаций небольшое, особенно мала площадь пихтовых лесов. Березовые леса встречаются по пологим склонам преимущественно в северной экспозиции и представлены как коренными, так и вторичными сообществами, возникшими в результате пожаров, вырубки, расчистки под сенокосы и пашни [6, 7].

В зоне контакта лесной и высокогорной растительности происходит потеря эдификаторной роли *Larix sibirica* и *Pinus sibirica*, что приводит к выпадению травянистых, кустарничковых и кустарниковых синузий, типичных для лесных фитоценозов горнолесного пояса, и замещению их высокогорными синузиями. Формируются леса с сильно разреженным древесным ярусом и хорошо сформированными кустарниковым (*Betula rotundifolia* Spach) и лишайниковым (кустистые лишайники родов *Cladonia*, *Cetraria*, *Cladina*) ярусами [8].

В настоящее время в Туве начинается развиваться горно-добывающая отрасль, которая, как известно, оказывает наиболее сильное воздействие на природную среду [9]. В ближайшее время планируется освоение Кызыл-Таштыгского колчеданно-полиметаллического месторождения, где идет строительство горно-обогатительного комбината. В зоне прямого воздействия предприятия, включая и прилегающие территории находится лесная растительность на общей площади 22 км², косвенного воздействия – 78 км². Детально разведано и подготовлено к эксплуатации Ак-Сугское медно-молибден-порфиоровое месторождение. Оба объекта расположены по периферии Тоджинской впадины, являющейся природной «жемчужиной» Тувы и самым экологически чистым районом России. Очевидно, уже с реализацией проекта по строительству железной дороги, связывающей Туву с российской сетью железных дорог, в ближайшей перспективе здесь нужно ожидать изменения в направлении увеличения прессы на лесной покров. При этих условиях наиболее актуальны их исследование, введение мониторинга с целью рационального использования и сохранения.

Литература

1. Зятыкова Л.К. Тува / Алтае-Саянская горная область. М.: Наука, 1969. С. 333–362.
2. Кушев С.Н. Рельеф / Природные условия Тувинской Автономной Области. Тр. компл. экп. Вып. 3. М.: АН СССР, 1957. С. 11–14.
3. Носин В.А. Почвы Тувы. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 342 с.

4. *Седельников В.П.* Высокогорная растительность Алтае-Саянской горной области. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние. 1988. 222 с.
5. *Седельникова Н.В., Седельников В.П.* Геоботаническая характеристика ерниковых тундр западной части нагорья Сангилен / Растительные сообщества Тувы. Новосибирск: Наука, 1982. С. 1983–194.
6. *Коропачинский И.Ю., Федеровский В.Д.* Леса Тувинской АССР // Леса Урала, Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука, 1969. С. 321–349.
7. *Куминова А.В., Седельников В.П., Маскаев Ю.М.* и др. Растительный покров и естественные кормовые угодья Тувинской АССР. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1985. 254 с.
8. *Зибзеев Е.Г., Седельников В.П.* Структура экотона между лесными и высокогорными поясами гор Южной Сибири // Растительный мир Азиатской России, 2010. № 2. С. 46–49.
9. *Самбуу А.Д.* Экологическое состояние растительного покрова района Кызыл-Таштыгского месторождения. Отчёт о научно-исследовательской работе. – Кызыл, 2012. – С. 105-118.

ДОЛГОВРЕМЕННЫЙ МОНИТОРИНГ – ОСНОВА СТРАТЕГИИ УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСАМИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Сирин А.А., Гульбе А.Я., Маслов А.А.
Институт лесоведения РАН, п/о Успенское
sirin00@list.ru

Происходящие в последние десятилетия изменения природной среды, землепользования и лесопользования на Европейской территории России (ЕТР) приводят к значительной трансформации структуры лесного покрова, механизмов динамики лесных биогеоценозов. Эти тренды затрагивают как природно-зональные типы лесов, так и производные формации. Сукцессионная динамика лесных биогеоценозов в условиях изменения климата меняет свою направленность, что подтверждается, в частности, катастрофическим усыханием еловых лесов центра ЕТР в результате глобальной вспышки короеда типографа. Стратегия устойчивого управления лесами, экономика лесопользования должны постоянно учитывать данные изменения и корректироваться с учетом меняющейся природной среды. Очевидно, что выявление трендов лесной динамики, их направления, скорости, механизмов возможны только при наличии рядов многолетнего наблюдения за составом, структурой, реакцией лесных сообществ на изменение природной среды.

Исследованиями Института лесоведения РАН на научных базах, расположенных в разных природных зонах ЕТР, выявлены устойчивые изменения породного состава древостоев и нижних ярусов леса в результате изменения характера землепользования и лесопользования. В южнотаежной зоне изучен процесс зарастания неиспользуемых сельскохозяйственных угодий древесными породами. В центральной части ЕТР изучены процессы динамики в хвойных и хвойно-широколиственных лесах, включая последствия экстремальной засухи 2010 г. для древостоев, нижних ярусов леса, популяций редких и охраняемых видов растений. В зоне лесостепи изучены реакции на засуху лесостепных дубрав; показано, что в дубравах при отсутствии управления человеком идут природные смены в сторону менее ценных древесных пород. В аридных регионах ЕТР долговременными (более 60 лет) мониторинговыми исследованиями на Джаныбекском стационаре ИЛАН РАН раскрыты важнейшие механизмы функционирования искусственных лесных экосистем в процессе их развития на фоне изменяющихся природных условий и выявлены основные прикладные аспекты устойчивого защитного лесоразведения на безлесных территориях. Многолетние наблюдения на стационарных объектах лежат в основе биогеоценологического подхода, предложенного акад. В.Н. Сукачевым. Долговременный анализ структурно-функциональной организации лесных биогеоценозов открывает возможность обоснования рациональных методов ведения хозяйства, оценки влияния тренда глобального изменения климата на лесные экосистемы, проявления ими биосферных функций при разной степени антропогенного влияния. За прошедшие десятилетия принципиально изменилась приборная и методологическая база исследований. Однако биогеоценологический подход остается фундаментальной основой интеграции частных методов при изучении функционирования сложно организованных лесных экосистем.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки ведущей научной школы Российской Федерации НШ-1858.2014.4.

ТЕМПЫ РАЗВИТИЯ ПРЕГЕНЕРАТИВНЫХ ОСОБЕЙ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В СООБЩЕСТВАХ ЮЖНОГО ПОДМОСКОВЬЯ И ГПЗ КАЛУЖСКИЕ ЗАСЕКИ

Стаменов М.Н.
ИФХиБПП РАН, г. Пущино
mslv-eiksb@inbox.ru

Дуб черешчатый является наиболее долгоживущим видом в лесах Восточно-Европейской равнины. Его популяции приурочены к широкому диапазону местообитаний и характеризуются высоким разнообразием форм и темпов роста. Ввиду лесохозяйственной ценности проведено большое число исследований хода роста дуба с измерением морфометрических параметров на определенных возрастных стадиях в насаждениях различного происхождения и бонитета [2; 7]. В лесоводственных работах исследователи, как правило, руководствуются представлениями, выдвинутыми еще Г.Ф. Морозовым [4], согласно которым дуб нуждается в боковом затенении для успешного роста в высоту и является, по сути, переходным от лесного к опушечному видом по ценотической приуроченности и отношению к освещенности. В то же время в рамках мозаично-циклической концепции динамики экосистем [1] дуб рассматривается как вид, для успешного возобновления которого необходимы пионерные сообщества: оконная мозаика, созданная животными-фитофагами [8], или светлые леса и опушки [5]. Очевидно, что необходимо изучать динамику роста дуба не только лесоводственными, но популяционно-онтогенетическими методами во всех сообществах с его участием. Поэтому нами была поставлена задача описания поливариантности темпов роста прегенеративных особей с учетом их онтогенетического и виталитетного состояния. Исследования проводили в Московской и Калужской областях. В Московской области исследовали следующие типы сообществ в окрестностях городов Пущино, Протвино и в Серпуховском районе: зарастающие луга, березняки с редким и плотным подлеском, липняки с редким подлеском и ветровальными окнами, сосняки-зеленомошники и лугово-разнотравные с редким подлеском, сосняки сложные с липой, дубом и елью. В Калужской области исследовали зарастающие луга и пашни, заросшие 25-летним березняком с плотным подлеском широколиственных видов деревьев. Онтогенетические состояния выделяли по принятой методике [3]. Во всех сообществах измеряли абсолютный возраст и морфометрические параметры (высота, диаметр ствола на уровне почвы, проекция кроны по двум диаметрам). Кроме того, измеряли длины всех годовых побегов на лидерной оси особи от основания к вершине. Эти исследования проведены в Московской области в следующих сообществах: зарастающий луг, березняки с редким подлеском, разреженный сосняк, сомкнутые сосняки с редким и плотным подлеском, сосняк с елью во втором ярусе древостоя. Всего описано 319 особей.

Рассмотрена связь между абсолютным возрастом и онтогенетическим состоянием. Хорошее соответствие между онтогенетическим состоянием и абсолютным возрастом выявлено в сосняках и березняках. В ряду онтогенетических состояний im1-im2-v1-v2 возраст особей составил 10-14 – 14-18 – 19-24 – от 23-24 лет, соответственно. На зарастающих лугах возраст прегенеративных особей – 6-12 лет во всех онтогенетических состояниях, что свидетельствует о наибольшей скорости роста и развития при максимальной освещенности, с одной стороны, и о наибольшей поливариантности темпов развития в таких условиях, с другой стороны. Скорости роста и развития в лесных сообществах, в отличие от лугов, в целом соответствуют данным, полученным ранее [3]. Рассмотрено меж- и внутривидовое варьирование значений морфометрических параметров. Изменчивость особей по высоте и радиусам кроны внутри популяции более существенная, чем между популяциями, при этом диапазоны изменчивости сходны в разных условиях роста. Значения прироста по диаметру более стабильны в пределах популяции, являясь индикатором освещенности: в ряду im1-im2-v1-v2 в липняках, сосняках и березняках значения диаметра ствола (на уровне почвы) – 0.5-1.2 – 1.3-2 – 2.1-4.2 – 4.8-8 см, на лугах – 1.5-1.7 – 2.5-2.7 – 3-5-5.5 – 7-12 см, соответственно. По сравнению с литературными данными [3], виргинильные особи характеризуются меньшей минимальной высотой как в лесах, так и на лугах.

Последовательность длин годовых побегов ствола отражает историю развития особи и характер смен режимов освещенности. Выявлены различные варианты хода роста в зависимости от онтогенетического состояния и условий освещения. В литературе отмечен более медленный рост дуба в первые годы жизни (примерно до 10-15 лет) на открытом пространстве по сравнению с деревьями под пологом леса [6]. По нашим данным, на лугах до 4-5 лет наблюдается стадия относительно медленного роста (8-15 см в год), первые удлиненные побеги (20-50 см) формируются не ранее 5-6 года жизни, стадия устойчиво быстрого роста наблюдается с 7-10 годов жизни с образованием двух сезонных приростов, с переходом в виргинильное онтогенетическое состояние длина годового прироста возрастает. В березняках с редким подлеском у особей нормальной

жизненности наблюдается рост либо по типу одновыпешинной кривой (наиболее длинные побеги образуются в первые 2-3 года жизни – 20-30 см, далее не менее 10 лет продолжается стадия медленного роста с приростами короче 10 см), либо с чередованием коротких, средних и длинных (до 70 см) приростов, с переходом в виргинильное онтогенетическое состояние длина годичного прироста возрастает. У особей понижешинной жизненности в березняках стадия медленного роста продолжается до 15-20, в отдельных случаях до 25-26 лет (прирост - 7-9 см в год) с отдельными годами (1-3) быстрого роста (до 40 см). В разреженном сосняке выявлено большинство перечисленных выше типов хода роста, в сомкнутых сосняках при различной плотности подлеска преобладают особи с одновыпешинной кривой: наиболее длинные приросты образуются в первые годы жизни, по мере усложнения структуры ярусов А2 и В, особенно при наличии ели, длина приростов в последующие годы жизни снижается до 1-4 см.

Таким образом, последовательное увеличение темпов роста в ходе онтогенеза и наибольшие величины приростов отмечены при росте на зарастающих лугах. В то же время в исследованных нами лесных сообществах не наблюдается единый тип хода роста: кривая длин годичных приростов определяется, в первую очередь, плотностью подлеска и второго яруса древостоя, затем – сквозистостью крон первого яруса древостоя. Сравнение значений морфометрических параметров и темпов роста дуба в разных сообществах показало, что наиболее оптимальными для роста дуба являются зарастающие луга.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проект No 12-04-01734).

Литература

1. Восточноевропейские широколиственные леса // под. ред. О.В. Смирновой. М.: Наука, 1994. 364 с.
2. Годунов С.И., Тищенко В.В. Рост и развитие дуба черешчатого в урочищах низшего таксономического ранга агроландшафтов каменной степи // Вестник ВГУ. Серия: География, геоэкология. 2005. No2. С. 130-133.
3. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники: методические разработки для студентов биологических специальностей / под ред. О.В. Смирновой. Ч. 1. М.: «Прометей» МГПИ им. В.И. Ленина. 1989. 102 с.
4. Морозов Г.Ф. Учение о лесе. 7-е изд. // М., Л.: Гослесбумиздат. 1949. 456 с.
5. Смирнова О.В., Бобровский М.В. Дуб-кочевник // Природа. 2004, 12. С. 26-30.
6. Труды по лесному опытному делу Тульских заповедников. Выпуск III Государственного лесного заповедника «Тульские Засеки» // М. 1939, 258 с.
7. Шутяев А.М. Влияние экотипов и среды на рост географических культур дуба черешчатого // Лесоведение. 2002. No3. С. 23-33.
8. Vera F.W.M. Forest ecology and grazing history // N.Y.: CABI. 2000. 506 p.

РОЛЬ ГРИБНОГО КОНСОРТА В ФОРМИРОВАНИИ УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСОВ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ЭКОСИСТЕМНЫХ ФУНКЦИЙ ЛЕСА

Стороженко В.Г.
ИПАН, п/о Успенское
lesoved@mail.ru

Грибы как гетеротрофный консорт структурного устройства лесных сообществ сопровождают его формирование на всём протяжении его жизненного пространства. Наиболее ассоциированной с древесной фракцией фитоценоза группой гетеротрофов можно признать дереворазрушающие грибы (ДРГ), которые используют её как субстрат вплоть до перехода в древесный отпад и далее до полного разложения и перевода в гумус. Дереворазрушающий комплекс включает в себя грибы биотрофного комплекса, поражающие живые деревья, ослабляющие и доводящие их до состояния древесного отпада, и грибы ксилотрофного комплекса, разлагающие древесный отпад. Если представить в динамике процесс поведения грибов биотрофного комплекса в сукцессии формирующегося леса после вырубке, то он будет выглядеть в следующем виде. Этап 1: формирование лиственного, смешанного или хвойного возобновления – единичные случаи поражения деревьев биотрофными грибами дереворазрушающего комплекса. Этап 2: возраст от жердняка до приспевающего древостоя, фаза демутиации – возрастание поражённости древостоя до 10-15% от числа деревьев, начало активной деятельности биотрофных ДРГ. Этап 3: возраст от спелого до перестойного, максимум запаса древостоя – возрастание поражённости древостоя до максимальных значений, 35-50% от числа деревьев. Этап 4: распад первого поколения, снижение запаса древостоя, интенсивное формирование последующих поколений, фаза дигрессии,

переходящая в фазу демуляции – снижение поражённости до минимальных величин для древостоев демуляционных фаз динамики, 15-20%. Этап 5: постепенное выравнивание объёмов деревьев в возрастных поколениях, фаза климакса - оптимальные значения поражённости древостоя биотрофными грибами, до 20-25% от числа деревьев. Для всех значений ошибка 3-5%. При естественном развитии леса сукцессионные смены в лесоведении рассматриваются как непрерывный процесс формирования наиболее «выработанных», по терминологии В.Н. Сукачёва (1975, т.3. стр. 255) [4] структур лесных сообществ и в целом наиболее устойчивого леса. В этом процессе грибы биотрофного дереворазрушающего комплекса являются эндогенными регуляторами структуры древесной фракции фитоценоза. Их регулирующая функция включается в завершающий период естественного изреживания формирующегося древостоя, достигает максимума в период наибольшего набора древостоем биомассы и приходит к оптимальным значениям в период наиболее устойчивого состояния сообщества, то есть к периоду близкому к климаксовому состоянию. В дальнейшем, в ходе флуктуационных колебаний структур леса, величина поражённости древостоев зависит только от их фазового состояния. В формировании качества устойчивости лесов принимают активное участие не только дереворазрушающие грибы биотрофного комплекса, поражающие живые деревья, но и грибы ксилотрофного комплекса, разлагающего древесный отпад. Их деятельность так же определяется общими закономерностями формирования лесного сообщества. Важнейшей задачей грибов этой группы является поддержание баланса накопления и разложения биомассы лесного сообщества. Эта задача решается ксилотрофным комплексом через разложение древесного отпада в определённые сроки с определённой скоростью, согласованной со скоростью поступления древесного отпада в валёж. В устойчивом, эволюционно сформированном лесу в деструктивной цепи баланса биомассы, грибы ксилотрофного комплекса начинают свою «работу» ещё на стадии формирования текущего древесного отпада, пересекаясь с грибами биотрофного комплекса, многие из которых продолжают разложение уже древесного отпада. Таким образом, дереворазрушающие грибы осуществляют плавный переход от процесса накопления биомассы фитоценозом в процесс её разложения микоценозом. Важным обстоятельством при этом является согласованность этих двух процессов. Понятно, что для каждого лесного сообщества физические величины, описывающие балансовые показатели этих двух процессов, будут различны. Поэтому для примера можно привести обсуждаемые величины биогеоценоза какой-то конкретной пробной площади. В нашем случае это абсолютно – разновозрастный кислочно-щитовниковый ельник, состав 10Е+Лп, Б, Пх; I – го бонитета, полнотой 0,8, расположенный в заповеднике «Кологривский лес» (подзона южной тайги). По динамическим параметрам биогеоценоз близок к фазе климакса. Выработанная нами методика анализа лесных сообществ позволяла определять в числе прочих фактически величины запаса древостоев, объёмы древесного отпада и распределение его по временным датировкам разложения [2, 3]. Нами введено и обосновано понятие «текущее разложение» древесного отпада. Текущий прирост мы не определяли и взяли из работ Г.Б. Гортинского и А.И. Тарасова [1] для ельников южной тайги. Рассчитанный по таблицам объёмов деревьев [5] суммарный запас древостоя на пробной площади, пересчитанный на 1 гектар составил $461.0 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$, текущий прирост – $9.7 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$, что составило 2.1% от запаса древостоя. Объём древесного отпада в виде валежа всех стадий разложения (от 1 до 5) составил $130 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$. Период полного разложения валежа для условий ельника – кислочника подзоны южной тайги составляет около 50 лет. Текущее разложение имеет величину в данном случае $2.6 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$, что составляет 2.0% объёма валежа. Из представленных данных видно, что относительные величины текущего прироста древесины и текущего разложения древесного отпада практически совпадают. Это значит, что наращиваемая биогеоценозом древесина, формирующаяся от приходящих эдафических факторов, в деструктивной цепи круговорота разлагается с той же скоростью и в том же объёме эндогенным гетеротрофным механизмом самого лесного сообщества, то есть комплексом ДРГ. В коренных девственных биогеоценозах, близких по динамике к климаксовому состоянию качество устойчивости в огромной степени формируется поведением дереворазрушающих грибов биотрофного и ксилотрофного комплексов. При этом выделяется около $164 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1} \text{ CO}_2$; более $50 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ и огромное количество энергии – около $18 \cdot 10^6 \text{ кДж} \cdot \text{га}^{-1}$. Экосистемные функции леса формируются множеством факторов, среди которых на первых позициях следует признать деятельность грибов дереворазрушающего комплекса. Некоторые наиболее важные результаты деятельности грибов как биотрофного, так и ксилотрофного комплексов, усиливающих экосистемные функции леса заключаются в следующем: 1) дереворазрушающие грибы участвуют в формировании разновозрастной структуры древесного полога биогеоценоза; 2) формируют мозаичность горизонтальной структуры лесного сообщества; 3) принимают участие в формировании возобновительных структур лесов; 4) разлагают отмершую биомассу, освобождая место для последующих поколений леса; 5) формируют гумусовый горизонт, обогащая почву; 6) стабилизируют водный режим лесного сообщества; 5) составляя несколько звеньев деструктивной цепи круговорота вещества и энергии в лесных сообществах, принимают активное участие в формировании баланса

накапливаемой фитоценозом и разлагаемой гетеротрофами биомассы лесных биогеоценозов. В целом сбалансированный по видовому составу и пищевой специализации микоценоз коренных лесов, а в его составе ДРГ биотрофного и ксилотрофного комплексов, формируют одно из основных качеств лесов – их устойчивость, имеют вполне определённую структуру на всех этапах сукцессионного процесса, осуществляя контроль за соблюдением баланса накапливаемой фитоценозом и разлагаемой гетеротрофами биомассы лесного биогеоценоза.

Литература

1. *Гортинский Г.Б., Тарасов А.И.* О географической сопряжённости годичного прироста еловых древостоев в подзоне южной тайги // Л. В кн. «Механизмы взаимодействия растений в биогеоценозах тайги». 1969. С. 40-50.
2. *Стороженко В.Г.* Датировка разложения валежа ели // Экология. № 6. 1990. С. 66-69.
3. *Стороженко В.Г.* Устойчивые лесные сообщества. М. Из-во «Гриф и К». 2007. 190 с.
4. *Сукачёв В.Н.* Избранные труды. Л. Наука. Т. 3. 1975. 543 с.
5. *Третьяков Н.В., Горский П.В., Самойлович Г.Г.* Справочник таксатора. М-Л. Гослесбумиздат. 1952. 853 с.

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И СОСТОЯНИЕ ЛЕСОВ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Сурина Е.А., Сеньков А.О.
СевНИИЛХ, г. Архангельск
surina_ea@sevniilh-arh.ru

Изменения климата очевидны, и они пагубно влияют на лесную растительность. Лесной сектор является одной из самых уязвимых отраслей народного хозяйства.

Общая площадь лесов Архангельской области составляет 29.2 млн.га. Лесистость– 77.9 %.

По состоянию на 01 января 2014 г. в лесном фонде Архангельской области насаждения с нарушенной и утраченной устойчивостью на общей площади 1244.7 тыс. га. Погибшими признаны насаждения на площади 711.1 тыс. га. Основной причиной ослабления и гибели насаждений Архангельской области, как и в предыдущие годы, стали неблагоприятные погодные условия и почвенно-климатические факторы и лесные пожары.

Начало усыхания датируется 1997 г. Особенностью усыхающих ельников является их высокий возраст. Спелыми и перестойными древостоями занято 77,4 % площади ельников области. При накоплении перестойных генераций древостои теряют устойчивость. Этот фактор является определяющим.

Сотрудниками СевНИИЛХ проводились исследования в Березниковском, Карпогорском, Пинежском, Лешуконском лесничествах.

Выявлено существенное увеличение гибели ельников с удалением уровня грунтовых вод. На пробных площадях, заложенных институтом, процент усохших деревьев в Березниковском лесничестве 2008 г. в болотно-травяном типе леса 9-10% по числу и запасу соответственно, черничник влажный – 23-22%, черник свежий – 39-38%, а в брусничном типе леса на 2005 г. 65-75%. Маршрутная глазомерно-инструментальная таксация дала похожие результаты. В Карпогорском лесничестве на момент исследования (2009 год) большая часть сухостоя перешла в валеж. Процент погибших деревьев по запасу составил 57.2% в свежем типе леса, 52.5% в черничнике влажном и 44.8% в травяно-болотном.

Следует сказать, что усыхание ельников уже вышло за пределы междуречья Северной Двины и Пинеги. Аномальная гибель отмечена даже в Лешуконском лесничестве в 2012 году.

Из климатических особенностей района следует упомянуть экстремальность климата наряду с его изменчивостью: редко зимний месяц обходится без оттепелей и дождевых осадков. В то же время наблюдается достаточно высокая амплитуда температур, которые порой достигают -50 °С.

Доля жидких осадков зимой может превышать 40%. При похолодании из них образуется ожеледь на деревьях. В безветренный период температуры воздуха, близкие к нулю (-3°С ÷ +0,6°С) способствуют накоплению снега на кронах и снеголому (снеговалу).

Происходит сильное колебание температур и в вегетационный период. ГТК Селянинова по годам изменяется в 3 и более раза.

Практически ежегодно максимальная скорость ветра достигает критических величин. Ветер со скоростью 11-13 м/с может нанести урон лесу, а со скоростью выше 14 м/с – наибольший ущерб. Анализ температуры воздуха по осредненным данным для Лешуконского, Пинеги, Карпогор, Двинского Березника и Верхней Тоймы за 2006-2011 гг. показал, что средние, средние минимальные и средние максимальные показатели выросли по сравнению со средними многолетними (1881-1960

г.) почти на 2°C, абсолютный минимум поднялся в среднем почти на 10 °С, тогда как абсолютный максимум почти на 1°C.

Из вышеизложенного сделаны основные выводы:

1. Изменение климата проявляется в виде повышения температур, погодной нестабильности и экстремальности.
2. Под действием почвенно-климатических факторов, в частности, в результате ослабления влияния криогенных процессов и явлений происходит изменение уровня грунтовых вод. В связи с этим проведено исследование состояния массивов усыхающих лесов на разных уровнях поверхности местности.
3. Состояние усыхающих ельников меняется в зависимости от уровня грунтовых вод, который тесно связан с почвенно-климатическими факторами.

Для планирования адаптации лесов требуется моделирование климатических изменений и их влияния. В этом вопросе имеется много неопределенностей и нехватки данных и общих подходов в моделировании. МГЭИК разработаны основные сценарии изменения климата. Однако влияние этих сценариев на леса Российской Федерации не имеют полной и достоверной оценки. Тем не менее, несмотря на неопределенность и нехватку информации, необходимо внедрять меры по адаптации в лесное хозяйство, пока не стало поздно.

По итогам международной конференции «Изменения климата и управление водными ресурсами – решения в Баренцевом регионе» (15-16 июня 2011 г. в г. Архангельске, круглого стола «Климатическая стратегия для российского сектора Баренцева региона», прошедшего в рамках Лесного форума в г. Архангельске (2-4 апреля 2014 г.) установлено, что вопросы по адаптации лесных экосистем в условиях изменения климата, а также любые прогнозные оценки по оценке углеродного баланса лесов в Архангельской области в настоящее время не актуальны и не нашли своего применения.

Поскольку:

- Отсутствует всесторонняя, исчерпывающая информация по данной теме в регионе.
- Не изучены разные варианты, опираясь на риски и возможности, возникающие при их реализации, включая риски и угрозы, связанные с изменением климата.
- Отсутствует создание единой системы учета и измерений и реализация соглашений об обмене информацией.
- Отсутствует разработка и утверждение типовых методик расчета, инвентаризации, зонирования и экономической оценки лесных ресурсов в конкретных территориях.

регионы, получившие полномочия по управлению лесами, оказались не готовыми.

Отсутствуют источники финансирования на программы развития направлений по управлению лесами.

Необходима скорейшая разработка существенных эффективных стратегий природопользования и принятия взвешенных управленческих решений. Особенно важным это в отношении бореальных экосистем, общим свойством которого являются изначально низкие показатели разнообразия биоты и повышенная реактивность в ответе на глобальные изменения природной среды.

Анализ климатических стратегий в странах с близким к нашему климатом и мирового опыта позволили выделить, что необходимы:

- адаптационные меры не должны ограничиваться единовременным и техническими решениями, но должны также затрагивать гуманитарные и институциональные аспекты этой проблемы;
- ведение устойчивого лесопользования, которое представляет собой развивающуюся систему методов ведения лесного хозяйства, призванную обеспечить соответствие обеспечиваемых за счет леса товаров и услуг, современным потребностям при одновременном обеспечении их постоянной доступности и содействии долгосрочному развитию;
- адаптивное совместное управление, выражающееся в сотрудничестве с другими заинтересованными сторонами, особенно с местным населением, с целью систематического совершенствования методов адаптации посредством наблюдения, анализа, планирования, принятия соответствующих мер, мониторинга, оценки и осуществления новых мероприятий;
- непрерывная поддержка научно-исследовательской деятельности: необходимы дополнительные исследования для сокращения нынешней неопределенности в отношении последствий изменения климата для лесов и людей, а также для углубления знаний об организационных и политических мерах адаптации; для того чтобы идентифицировать будущие приоритеты исследований, больше чем когда-либо необходимы улучшенные системы мониторинга.

Выявлено, что при разработке сценариев адаптации лесного хозяйства учитывают:

- Продуктивность лесных экосистем.
- Породный состав и биоразнообразие.
- Риски возникновения лесных пожаров.
- Риски массового размножения вредителей и распространения болезней леса.
- Риски проявления экстремальных погодных явлений.
- Экономические условия ведения лесного хозяйства.

Социальные аспекты. Для анализа применения сценариев ведения лесного хозяйства должен пройти значительный промежуток времени, так как отрезок времени для воздействий лесохозяйственных мероприятий очень длинен (приблизительно 50-100 лет). С учетом того, что стратегии адаптации к изменению климата в странах с развитым лесным хозяйством вышли только в 2000-х годах, то делать заключение о результатах применения сценариев адаптации еще рано.

Ключевым элементом является смягчение изменения климата, например значительное сокращение выбросов парниковых газов, связанных с сжиганием ископаемых видов топлива и обезлесением, потому что даже в случае полного осуществления мер адаптации, в отсутствие действий по смягчению последствий, по силе воздействия изменение климата на протяжении нынешнего столетия превзойдет адаптивные способности многих лесов.

ЧТО ПРОИСХОДИТ С ЛЕСАМИ ПОСЛЕ МАССОВОЙ ГИБЕЛИ ЕЛИ ПОСЛЕ ВСПЫШКИ ЧИСЛЕННОСТИ КОРоеДА-ТИПОГРАФА В ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ?

Уланова Н.Г.
МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва
NUlanova@mail.ru

Изменение лесной растительности в очагах усыхания ели после вспышек короеда типографа (*Ips typographus*) до сих остается неизученным явлением, так как в европейской части России с конца XIX столетия не наблюдалось масштабных вспышек. В 1999 г. в Московской области началась неожиданная вспышка массового размножения короеда типографа, которая продолжалась до 2002 г. Причиной этого процесса явилось сочетание катастрофического ветровала июньским ураганом 1998 г. и засушливого лета 1999 г., создавших благоприятные условия для развития вредителя. Вторая вспышка началась в 2009 г. также после засушливого лета и достигла максимума в 2012 г.

Массовое назначение сплошных санитарных рубок погибшего древостоя за несколько лет привело к увеличению площади сплошных рубок, что способствует формированию луговых сообществ. В результате происходят вторичные сукцессии с формированием березняков или осинников, реже ельников (при посадке саженцев ели) и сосняков.

На значительной территории Московской области погибшие леса сохранились, особенно в лесах, имеющих какой-либо статус заповедности. Исследование процессов лесовосстановления в таких лесах выявило ряд особенностей. Возобновление деревьев происходит исключительно за счёт елового подроста, появившегося под пологом леса до начала вспышки короеда. Очень редко появляется береза, сосна и осина. Новый древостой формируется из угнетенных деревьев второго яруса и подроста рябины, липы, клена. В результате образуется смешанный древостой с повышенной устойчивостью к вредителям и болезням леса. Сложные по структуре леса замещают монокультуры ельников, что способствует восстановлению разнообразия лесов. Именно такие естественные леса, вероятно, характерны для зоны хвойно-широколиственных лесов. Возможно ли это явление считать климатическим трендом?

В травяно-кустарничком ярусе происходит перераспределение доминирования видов с незначительным изменением видового состава. Такие изменения стоит отнести скорее к динамическим процессам.

СОХРАНИТЬ ЗАЩИТНЫЕ ЛЕСА ПОДМОСКОВЬЯ КАК ОСНОВУ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА!

Черняго Л.С., Куликов И.Н.

Межрегиональная общественная организация "Экологический союз", г. Москва
lyubov.chernyago@yandex.ru

Новый Лесной Кодекс (2007г.), по сути дела, санкционировал уничтожение лесов России в ее густонаселенных районах, в первую очередь - под видом осуществления рекреационной деятельности. Используя Думское большинство, представители крупного капитала протаскили в Лесной Кодекс ряд поправок, создающих возможность перевода лесов в частную собственность посредством аренды, нанося тем самым огромный ущерб лесному хозяйству.

Лесной план Московской области, разработанный «Мослеспроект» - московским филиалом ФГУП «Рослесинфорг», предусматривает передачу около 10% лесов Подмосковья (196,1 тыс. га), окружающих наш мегаполис для осуществления рекреационной деятельности. Передача лесов под рекреацию, по мнению разработчиков Лесного плана, – это одно из приоритетных направлений лесопользования в Московской области, дающее экономический эффект. Однако, платность использования лесов нагнетает социальную напряженность в российском обществе, значительная часть которого живет за чертой бедности. Изначально граждане, в силу своей неплатежеспособности, поставлены в неравные условия при оформлении прав на лесные участки, отдаваемые в аренду. Таким образом, правом на благоприятную окружающую среду, в т.ч. за счет рекреационного использования лесных земель, будут обладать не все граждане, как записано в статье 42 Конституции РФ, а только те, которые имеют немалый доход. Борьба за землю в ближайшем Подмосковье всё более разгорается. В эту сферу вовлечены большие денежные средства, исчисляемые миллиардами рублей, которые расходуются на покупку местной администрации, «крышевание» со стороны правоохранительных органов. Оплачивается также «искусство обойти закон». Это и есть коррупция в действии. Ликвидированы Госкомэкология РФ как контрольно-нормативный орган в области охраны окружающей среды, государственную экологическую экспертизу постепенно вытесняет государственная экспертиза проектной документации, в которой отсутствует экологическая составляющая.

Замена государственной экологической экспертизы государственной экспертизой проектной документации означает активную застройку особо охраняемых природных территорий (ООПТ) – ключевых природных экосистем, поддерживающих высокое качество среды обитания. Россия была в числе стран-участниц исторической конференции РИО-92, подписавшей Конвенцию о биоразнообразии, которая является общей задачей всего человечества. Особо охраняемые природные территории - это последние "бастионы" на пути уничтожения биосферы.

Если сейчас не остановить коммерческий бум застройки лесов коттеджами, то скоро все защитные леса Подмосковья превратятся в заповедную резервацию. За высокими заборами будут проживать те, кто «подарил себе кусочек Родины», а остальное население будет вынужденно наблюдать за этим «пиром во время чумы», поскольку расчлененные постройки и заборами лесные экосистемы очень скоро потеряют свою устойчивость и погибнут. По расчетам белорусских экологов, стоимость геоэкологических услуг леса (поддержание биоразнообразия, чистоты воздуха, водности рек, снабжение биоресурсами и т. д.) составляет 10.4 тыс. долларов/га. Однако, в Подмосковье стоимость одного гектара леса оценена всего в 4.0 тыс. руб/га (<http://www.bfm.ru/news/118615>). Таким образом, экономический ущерб от потери геоэкологических услуг леса в результате отведения 196.1 тыс. га защитных лесов под рекреацию может составить более 60 млрд. руб.!

Проведенная отделением биологии РАН по просьбе Межрегиональной общественной организации «Экологический союз» экологическая экспертиза установила, что «снижение средозащитной эффективности природной зелёной зоны г. Москвы, при полной урбанизации значительной части её лесопаркового защитного пояса, будет иметь самые тяжёлые последствия для населения Москвы и городов ближайшего Подмосковья. Отторжение большой территории, отличающейся высокой биологической продуктивностью, имеющей в условиях ядра Московской городской агломерации важное средообразующее и средостабилизирующее значение – недопустимо».

Россия была в числе ведущих государств мира, подписавших исторические документы РИО-92, в том числе – «Заявление о принципах, управления, защиты и устойчивого развития всех видов лесов, жизненно необходимых для сохранения всех форм жизни и обеспечения экономического развития». В 2000 году МОО «Экологический союз» совместно с другими неправительственными организациями обратился в Верховный суд РФ с иском к Правительству России по поводу

незаконного перевода лесов Лесфонда под нецелевое использование. Суд впервые в судебной практике признал перевод этих лесов незаконным. Конституционный Суд России определил правовое положение лесов, отметив, что **«лесной фонд ввиду его жизненно важной многофункциональности и значимости для общества ... представляет собой публичное достояние многонационального народа России и как таковой имеет специальный правовой режим».**

Предлагаем:

Полностью исключить из практики жилищного строительства застройку территорий, занятых защитными лесами.

Считать целесообразным разработать и осуществить особый порядок правового регулирования рекреационных территорий, исключив перевод лесов Лесфонда в леса поселковых территорий и их последующую застройку.

Рассмотреть вопрос о возможности застройки коттеджами и строениями свободной от защитных лесов территории за пределами 80-км зоны области с развитием необходимой инфраструктуры этих поселений и их обустройства.

В экологическое сознание каждого должно войти понятие **дерева как особой, уникальной формы Жизни**, которая через фотосинтез преобразует солнечную энергию в биохимическую энергию живых организмов. Эта энергия перераспределяется по цепям питания в экосистемах, обеспечивая воспроизводство Жизни на всех уровнях ее организации. Как гласит народная мудрость, «нельзя рубить сук, на котором сидишь». Поэтому, уничтожив леса, человечество может «рухнуть в небытие», а биосфера продолжит свой путь эволюции уже без него...

Стратегия устойчивого развития Московского региона должна способствовать рассредоточению чрезмерной концентрации его административно-управленческих, научных и технологических ресурсов через федеральные целевые программы развития всех регионов России.

**СОСНОВЫЕ ДРЕВОСТОИ В КРУПНОМ ПРОМЫШЛЕННОМ ГОРОДЕ:
СОСТОЯНИЕ И ФАКТОРЫ ТРАНСФОРМАЦИИ**

Шавнин С.А.¹, Веселкин Д.В.², Воробейчик Е.Л.², Галако В.А.¹, Власенко В.Э.¹
¹Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург, ²ИЭРиЖ, г. Екатеринбург
denis_v@ipae.uran.ru

Специфика городских условий среды способствовала оформлению частного направления лесоведения – урболесоведения («urban forestry»). Конечные цели традиционного лесоведения и урболесоведения близки: поиск путей формирования устойчивых, оптимальных с точки зрения человека и выполнения биосферных функций лесных экосистем. Различны функции, преимущественно декларируемые как основные для не городских и городских лесов. Приоритет для первых – продукция биомассы, для вторых – рекреационная ценность и устойчивость к разным антропогенным факторам.

Изучение городских зеленых насаждений – активно развивающееся направление, здесь накоплено много данных. Однако несомненное наличие региональной специфики, связанной с географическими, зональными, историческими, размерными и экономико-социальными особенностями разных городов обуславливает актуальность дальнейшего накопления эмпирических материалов. На примере городских и загородных сосновых насаждений г. Екатеринбурга (Средний Урал, южная тайга) мы исследовали несколько взаимосвязанных вопросов. Во-первых, оценили степень трансформации древостоев в условиях урбанизации, проанализировав их лесоводственно-таксационные и санитарные характеристики. Во-вторых, исследовали, какие частные характеристики деревьев и древостоев сильнее всего связаны с трансформацией общего состояния городских древостоев. В-третьих, проанализировали связь состояния деревьев и древостоев с уровнями антропогенной нагрузки и фрагментации местообитаний.

Екатеринбург – крупный (50 тыс. га; 1,4 млн. жителей), сильно загрязненный, плотно застроенный промышленный мегаполис Среднего Урала. Около трети (15 тыс. га) площади Екатеринбурга занимают лесопарки (в основном, на периферии городской застройки) и городские насаждения, большинство из которых естественного происхождения. Работа выполнена на материалах, полученных на 48 пробных площадях (ПП), заложенных на территории Екатеринбурга и его ближайших окрестностей в насаждениях трех вариантов: загородных (в 8–10 км от границы городской застройки), лесопарковых (более или менее непрерывные лесные массивы в черте города) и внутригородских (малые фрагменты в окружении жилых кварталов).

Состояние древостоев в условиях урбанизации. Изменения морфологических характеристик деревьев в градиенте урбанизации, т.е. различия между тремя контрастно

различающимися группами местообитаний – загородными, лесопарковыми и внутригородскими – незначительны. При переходе от загородных к внутригородским насаждениям практически не изменяются ни средний диаметр, ни высота деревьев, а наблюдаемые слабые негативные тренды этих характеристик могут быть объяснены меньшим средним возрастом древостоев в зоне городской застройки. Санитарное состояние деревьев в условиях урбанизации ухудшается. При переходе от загородных участков к лесопарковым и далее к внутригородским значимо возрастает индекс поврежденности деревьев, снижается густота охвоения крон и средняя продолжительности жизни хвой. Характеристики общей густоты, класса бонитета и доли сухостоя существенно не изменяются в связи с уровнем урбанизации. Запас древесины, по сравнению с фоновым уровнем, не снижается в лесопарках, но снижается у насаждений в городском окружении. Последний эффект существенен в абсолютном выражении – различия между крайними вариантами составляют 20–30% ($365\text{--}577\text{ м}^3\text{ га}^{-1}$ за городом, $328\text{--}534\text{ м}^3\text{ га}^{-1}$ в лесопарках, $251\text{--}440\text{ м}^3\text{ га}^{-1}$ в зоне городской застройки). Регистрируемое снижение запаса не связано с изменением среднего возраста деревьев.

Таким образом, несмотря на негативные изменения, устойчивость взрослых деревьев сосны к условиям крупного промышленного города достаточно высока. Древесный компонент зрелых сосновых лесов Екатеринбурга находится в целом в удовлетворительном состоянии и насаждения сохраняют способность выполнять средообразующие функции.

Связь частных характеристик деревьев и древостоев с общим состоянием городских древостоев. Проанализированы несколько регрессионных моделей, связывающих общий запас древесины со средними размерами деревьев, характеристиками их санитарного состояния и густотой древостоев. Ведущую роль в снижении запаса сосновых насаждений в городе играет снижение густоты древостоя. Меньшее значение имеют трансформации диаметров и высот деревьев. Еще меньше сказываются на величине запаса изменение среднего возраста деревьев и ухудшение их санитарного состояния. По нашим оценкам, прямой вклад переменной «балл интегральной поврежденности» в общую изменчивость запаса древесины незначительный – порядка 2% из 86% общей дисперсии запаса, которые можно объяснить с использованием множественного регрессионного подхода.

Таким образом, 20–30%-е снижение запаса урбанизированных древостоев определяется суммированием незначительных негативных эффектов от изменения многих частных характеристик состояния деревьев и древостоев. При этом ухудшение санитарного состояния деревьев не является решающей причиной снижения продуктивности урбанизированных насаждений.

Факторы трансформации древостоев в городском окружении. Из основных составляющих комплексного фактора урбанизации, влияющих на растения, наиболее изучены последствия разнообразных форм химического загрязнения и рекреации. Другой важный аспект урбанизации – фрагментация местообитаний, сопровождающаяся уменьшением размеров лесных массивов – в отношении растительности исследован менее подробно. При характеристике ПП, для каждой оценивали две группы параметров: 1) уровень антропогенной нагрузки (расстояние от центра города; расстояние от границы городской застройки; плотность населения вблизи ПП); 2) уровень фрагментации местообитаний (площадь и периметр лесного участка; расстояние от границы ПП до границы участка; изрезанность границ участка)

Наиболее информативным детерминантом состояния отдельных особей и древостоя сосны в условиях урбанизации является размер лесного участка. Ухудшение жизненного состояния деревьев, уменьшение их размеров и снижение биологической продуктивности насаждений в зоне жилой застройки теснее всего коррелирует с характеристиками фрагментации местообитаний. Плотность населения вблизи участка или его удаленность от центра города детерминируют состояние деревьев и древостоя в существенно меньшей степени.

Таким образом, одна из первопричин деградации лесов в городском окружении – неспособность их небольших фрагментов обеспечить существование стабильной внутренней ценотической среды. Такое объяснение не отвергает обычно обсуждаемых доводов о физиологических, популяционных или экологических механизмах распада городских лесов, но акцентирует внимание на важности учета пространственных характеристик участков в урбанизированной среде.

В Екатеринбурге критический размер участка, при котором насаждение еще способно поддерживать свою интегральную продуктивность, составляет около 30 га. Краевая полоса, играющая роль буфера и обеспечивающая относительную стабильность условий во внутренней части насаждения, составляет около 70 м от границы массива.

Работа выполнена в рамках плана исследований Интеграционного проекта УрО РАН (12-И-4-2057).

**ИЗМЕНЕНИЕ ЛЕСИСТОСТИ И СООТНОШЕНИЯ ГЛАВНЫХ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ
ВИДОВ ДЕРЕВЬЕВ В ЛЕСАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ
С КОНЦА XVII ВЕКА ДО НАСТОЯЩЕГО ВРЕМЕНИ**

Шевченко Н.Е.
ЦЭПЛ РАН, г. Москва
ne_shevchenko@mail.ru

Большой интерес с точки зрения охраны и воспроизводства лесов Центрального Предкавказья представляют данные об изменении их лесистости и соотношении главных лесобразующих видов деревьев региона. На основе материалов обработки архивных документов, карт и отчетов, на примере Ставропольской губернии в границах 1880 года, выявлена динамика площади лесных массивов и лесистости Ставропольской губернии с конца XVII века по настоящее время.

Площадь и лесистость лесов Ставропольской губернии с начала XVIII века до второй половины XIX века постепенно снижается. В этот период происходит активное освоение региона первыми переселенцами. Немаловажную роль при этом играло и отсутствие какого-либо лесоохранительного регулирования. В результате площадь лесов губернии к 1881 году сократилась на 32 %. С середины 80-х годов XIX века ситуация изменяется коренным образом. Большую роль сыграло появление Ставропольского губернского Лесоохранительного Комитета. Под руководством Комитета разворачиваются лесовосстановительные работы в регионе (Шевченко, 2013).

Положительное воздействие на увеличение площади лесных массивов с середины XX века, вероятно, оказывает повышение количества выпадаемых осадков в регионе более чем на 10 % (Заурбеков, 2011). В результате чего леса, локализованные прежде в балках степных рек и на вершинах плато, стали распространяться за их пределы. Сочетание активного лесоразведения, начатого в конце XIX века, повышение количества выпадаемых осадков, снижение объемов рубок привели к увеличению лесистости региона за последние 130 лет более чем в 2 раза.

Кроме увеличения площади лесных массивов Центрального Предкавказья произошло изменение соотношения главных лесобразующих древесных видов региона. По историко-географическим материалам существенно снизилась доля в составе лесных сообществ *Fagus orientalis*, *Acer campestre*, *A. platanoides* и возросло участие *Quercus robur*, *Q. petraea*, *Fraxinus excelsior* и *Carpinus betulus*. Степень этих изменений в отдельных лесных массивах региона разнонаправлена. Главной причиной изменения структуры лесобразующих видов деревьев в регионе можно считать нерациональную хозяйственную деятельность.

Литература

1. Шевченко Н.Е. Леса Центрального Предкавказья: флористический состав, растительность и проблемы их охраны. Автореферат на соиск. уч. ст. биол. наук. Москва, 2013. 26 с.
2. Заурбеков Ш.Ш. Современные климатические изменения и их влияние на ландшафтную структуру региона (на примере Северного Кавказа). Диссертация на соискание учёной степени кандидата биологических наук. Ставрополь, 2012. 115 с.

СЕКЦИЯ 3. МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ И ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ

АНАЛИЗ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВОСТАНОВИТЕЛЬНОЙ ДИНАМИКИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ВЫРУБКАХ ПО ВРЕМЕННЫМ РЯДАМ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ LANDSAT

Белова Е.И., Ершов Д.В.
ЦЭПЛ РАН, г. Москва
belova@ifi.rssi.ru

Для актуализации информации о состоянии лесов и их последующего картографирования, а также мониторинга лесовосстановительных мероприятий дистанционными методами необходимо изучить возможность детектировать и оценивать естественную восстановительную динамику лесов на сплошных вырубках. Одна из задач такого исследования – определение пороговых значений яркостей древесного полога на спутниковых изображениях, характеризующих переход территории вырубки из непокрытой в покрытую лесом, базируясь только на спутниковых данных. В качестве таких данных можно использовать изображения, полученные со спутников Landsat со средним пространственным разрешением (30м) и большим архивом данных (с 1982г), который позволяет проследить изменения растительного покрова во времени.

Для изучения возможности оценки динамики растительности по спутниковым данным Landsat были проведены исследования на территории Усольского и Чунского лесничеств Красноярского края. На исследуемую территорию был построен временной ряд ежегодных безоблачных композитных изображений за летние сезоны в период с 1990 года по 2011 год. Для данной серии изображений были рассчитаны вегетационные индексы NDVI и SWVI. В качестве наземных данных для выявления зависимости между коэффициентами яркости изображений и состоянием растительности на местности использовали данные таксации на территории исследуемых лесничеств.

Основной теоретической предпосылкой при проведении анализа поведения коэффициентов яркостей временных серий спутниковых изображений, является то, что в процессе естественного роста древесной растительности на вырубках вегетационные индексы устойчиво наращивают корреляцию между собой. При этом угол наклона регрессионного уравнения по мере зарастания древостоем приближается к 45 градусам в двумерном пространстве индексов. Таким образом, анализируя опорные данные по вырубкам в разной стадии лесовозобновления можно настроить пороговое значение угла наклона регрессионного уравнения для исследуемой территории, при котором регистрируется факт смыкания древесного полога и перевода их по таксационным данным в покрытые лесом земли.

В результате совместного анализа наземных и дистанционных данных были получены следующие результаты:

- определены наиболее информативные спектральные каналы для оценки динамики растительности на вырубках;
- построены эталонные зависимости коэффициентов яркостей изображений от состояния растительности на местности, определено уравнение линейной регрессии для исследуемой территории, которые позволяют проводить последующий анализ лесовосстановительной динамики для данного региона;
- проведена валидация полученных результатов на тестовом участке.

МЕТОДИКА РЕКОНСТРУКЦИИ ДОПОЖАРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ УЧАСТКА ГПЗ ДЕНЕЖКИН КАМЕНЬ, ПОВРЕЖДЕННОГО ПОЖАРОМ 2010 г., ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ LANDSAT

Владимирова Н.А.^{1,2}, Алейников А.А.³

¹НП "Прозрачный мир", г. Москва; ²ВНИИЛМ, г. Пушкино; ³ЦЭПЛ РАН, г. Москва
nadiopt@gmail.com

Летом 2010 г. на участке Государственного природного заповедника "Денежкин Камень" случился крупный пожар площадью более 4 000 га. Для изучения лесовозобновления на гари и закономерностей расположения участков с разной степенью повреждения нами была составлена карта допожарной растительности на данной территории.

На изучаемой территории последнее лесоустройство было проведено в 1984 году, и за 7 последующих лет до организации заповедника (1991 г.) могли произойти существенные изменения, поэтому мы сочли целесообразным использовать спутниковую съемку за два временных периода:

1988 г. для составления базовой карты по материалам лесоустройства и 2009 г. для выявления изменений за межревизионный период и составления карты допожарной растительности. Для этого были использованы снимки Landsat и материалы лесоустройства 1984 г. По материалам лесоустройства и снимку Landsat 1988 г. была составлена карта растительности на поврежденный участок. В качестве тестовых участков использовались выбранные из базы данных лесоустройства выделы, в составе которых доля главной породы была не меньше 9 баллов (для однопородных насаждений), а также выделы со смешанным составом насаждений с преобладанием хвойных не менее чем в 3 единицы (для выделения классов «смешанные насаждения с преобладанием хвойных»), смешанные насаждения с одинаковой долей участия хвойных и лиственных насаждений и участки вырубок. После отбора тестовых участков снимок был классифицирован в программе ScanEx NeRIS методом обучения нейронных сетей. В результате дешифрирования снимка Landsat 1988 г. удалось выделить следующие классы растительности: 1 – гольцы, 2 – лиственные насаждения, 3 – смешанные насаждения с равной долей участия лиственных и хвойных пород, 4 – смешанные насаждения с преобладанием хвойных пород, 5 - светлохвойные насаждения, 6 – темнохвойные насаждения, 7 – вырубки 70 гг. Средняя точность классификации составила 73.3%.

Карта растительности по состоянию на 2009 г. была составлена по данным лесоустройства 1984 года с визуальной экспертной проверкой тестовых участков, и спутниковым снимкам Landsat. Классы были выделены следующие: 1 – гольцы, 2 – лиственные насаждения, 3 – смешанные насаждения с равной долей участия лиственных и хвойных пород, 4 – смешанные насаждения с преобладанием хвойных пород, 5 - светлохвойные насаждения, 6 – темнохвойные насаждения, 7 – вырубки 70-х гг.

После обработки обоих снимков было произведено сопоставление результатов, анализ изменений и оставлена матрица переходов классов. В результате получилось 22 класса растительности. Особый интерес представляют классы, где по сравнению с 1984 г. произошли изменения, например: лиственные насаждения (1980) - смешанные насаждения с равной долей участия лиственных и хвойных пород (2009) - смешанные насаждения с равной долей участия лиственных и хвойных пород с возобновлением хвойных.

Анализ космических изображений двух временных срезов позволяет уточнить результаты дешифрирования и увеличить количество классов растительности, выявляемых на снимке. Возможно, это позволит понять, есть ли зависимость между составом допожарной растительности и степенью повреждения от пожара.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ЛЕСОВ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ LANDSAT-TM\ETM+ НА ПРИМЕРЕ ПЕЧОРО-ИЛЫЧСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Гаврилюк Е.А., Ершов Д.В.
ЦЭПЛ РАН, г. Москва
egor@ifi.rssi.ru

В 2013 году в рамках проекта РФФИ «Разработка методов диагностики сукцессионного состояния лесных экосистем на основе оценки пространственного распределения их основных характеристик по данным дистанционного зондирования» (№13-014-1521) были начаты работы по созданию цифровых тематических карт наземных экосистем по спутниковым данным Landsat-TM\ETM+ на территорию Печоро-Илычского государственного биосферного заповедника, расположенного в Республике Коми на западном склоне Северного Урала. Главной целью этих работ является исследование принципиальных возможностей автоматизированного дешифрирования породной структуры лесного покрова на основании спектральных характеристик отражающей поверхности, определение параметров и критериев, обуславливающих эти возможности, а также выявление пределов точности такой классификации. Получение информации о породной структуре в сочетании с данными об экотопических условиях и предшествующих воздействиях позволит в перспективе определить сукцессионный статус сообществ в соответствии с современными представлениями [1,2]. На первом этапе исследования на основе разносезонных данных спутниковой съемки аппаратов Landsat 5 и 7 (пространственное разрешение 30 м) за 2011 и 2012 годы, оцифрованных материалов лесоустройства и результатов визуального дешифрирования данных ДЗЗ высокого пространственного разрешения, были получены карты лесов заповедника, стратифицированные по соотношению хвойных /лиственных насаждений и по преобладающим породам древостоев [3]. Эти карты, совместно с другими продуктами классификации данных Landsat (в частности, карты сомкнутости лесного полога [4]), были использованы при проектировании расположения наземных контрольных участков на территории заповедника, обследование которых было проведено в течение летнего сезона 2013 года. Валидация по данным наземных обследований

более 70 контрольных участков выявила недостаточную степень точности карт, полученных при тематической классификации данных ДЗЗ. Процент точности определения соотношения хвойных и лиственных пород в лесных насаждениях колебался от 57,1% до 100%, определения преобладающей породы – от 69.2% до 81.8%. По результатам совместного анализа данных ДЗЗ и наземных обследований, для второго этапа работ, проводимого в 2014 году, было принято решение оптимизировать легенду создаваемых тематических карт и модифицировать методику классификации спутниковых данных. В качестве основных данных ДЗЗ для повторной классификации были использованы спутниковые изображения Landsat 8 за летний период 2013 года, собранные в безоблачный трехканальный (красный: 0.64-0.67 мкм, ближний: 0.85-0.88 мкм и средний ИК: 1.57-1.65 мкм) композит. Данный композит был подвергнут процедуре пороговой сегментации для разделения изображения на элементарные однородные участки земной поверхности. Метод автоматической сегментации основан на попиксельном анализе каждого канала изображения с последовательным объединением соседних пикселей в группы – сегменты, – при условии, что разница значений пикселей в пределах одного сегмента не превышает определенного порога, подбираемого эмпирически с визуальным контролем результата. Далее, полученные таким образом сегменты объединялись в семантические кластеры на основании корреляции их спектральных характеристик. Затем кластеры анализировались совместно с данными наземных обследований в целях определения эталонных кластеров для последующей тематической классификации. Эталонная выборка формировалась последовательно – сначала для карты соотношения хвойных и лиственных пород, затем на ее основе – для карты преобладающих пород. Для карты соотношения хвойных и лиственных пород 10 лесных классов, выделяемых ранее по доле хвойных насаждений в пологе (через каждые 10%), были разделены на сомкнутые и разреженные насаждения с одновременным увеличением шага доли хвойных до 20%. Таким образом, были получены новые 10 классов: 1) Лесные насаждения с долей хвойных пород 80-100%; 2) –/– с долей 60-80%; 3) –/– с долей 40-60%; 4) –/– с долей 20-40%; 5) –/– с долей 0-20%; 6) Разреженные лесные насаждения с долей хвойных пород 80-100%; 7) –/– с долей 60-80%; 8) –/– с долей 40-60%; 9) –/– с долей 20-40%; 10) –/– с долей 0-20%. Для карты преобладающих пород были выделены новые смешанные классы, в зависимости от соотношения пород в пологе. Легенда приобрела следующий вид: I. Хвойные леса (более 80% древостоя): 1) Темнохвойные (ель, пихта, кедр); 2) Светлохвойные (сосна); II. Лиственные леса (более 80% древостоя): 3) Береза; 4) Береза и осина (доля осины не менее 20%); III. Смешанные леса: 5) Смешанные с преобладанием хвойных (60-80% хвойных пород); 6) Смешанные в равных долях (40-60%); 7) Смешанные с преобладанием лиственных (20-40%). Тематическая классификация спутникового композитного изображения по сформированным эталонным выборкам выполнялась локально-адаптивным статистическим алгоритмом, разработанным в ЦЭПЛ РАН [5]. При этом в дополнение к летнему композиту Landsat 8 использовались весенние, осенние и зимние композиты Landsat 5 и 7, сформированные на предыдущем этапе работ. Таким образом, были получены новые цифровые карты соотношения хвойных и лиственных насаждений и преобладающих пород древостоев пространственным разрешением 30 м на территорию Печоро-Ильчского заповедника. Эти карты в сочетании с границами однородных областей, полученными в результате сегментации летнего композита, были использованы при проектировании расположения новых наземных контрольных участков, обследование которых было проведено в течение летнего сезона 2014 года. Результаты анализа и оценки точности новых карт по материалам наземных обследований, и соответствующие выводы относительно возможностей использования данных ДЗЗ при картографировании лесных экосистем будут представлены в докладе.

Литература

1. Методические подходы к экологической оценке лесного покрова бассейна малой реки / Отв. ред. Л.Б. Заугольнова, Т.Ю. Браславская. - М.: 2010. 383 с.
2. Смирнова О.В., Алейников А.А. Сукцессионные системы бореальных лесов европейской территории России // Известия Самарского НЦ РАН. 2012. Т.4. № 1 (5). С. 1367-1370.
3. Гаврилюк Е.А., Ершов Д.В. Картографирование лесных экосистем Печоро-Ильчского заповедника по спутниковым данным Landsat-TM\ETM+ // Мониторинг и оценка состояния растительного мира. Материалы IV международной научной конференции. Минск, 30 сентября – 4 октября 2013 года. – Минск: ГУ «БелИСА», 2013. - 378 с. С. 108-110.
4. Королева Н.В., Ершов Д.В., Алейников А.А. Определение сомкнутости и видового состава древостоев на разных стадиях сукцессии по космическим снимкам LANDSAT (на примере Печоро-Ильчского заповедника) // Мониторинг и оценка состояния растительного мира. Материалы IV международной научной конференции. Минск, 30 сентября – 4 октября 2013 года. – Минск: ГУ «БелИСА», 2013. - 378 с. С. 127-130.

5. Ковганко К.А., Ершов Д.В. Алгоритм тематической классификации спутниковых изображений и его программная реализация в среде ArcGIS Desktop // Десятая Всероссийская Открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» Москва, ИКИ РАН, 12-16 ноября 2012 г. Сборник тезисов конференции.

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ВЕТВЕЙ ДЕРЕВА И ЕЕ ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ПО НАТУРНЫМ ДАННЫМ

Галицкий В.В.
ИФХиБПП РАН, г. Пущино
galvv@rambler.ru

В [1] была представлена секционная структура дерева и секционная модель динамики его биомассы. Модель использует представление о виртуальном дереве и секции как разности двух смежных виртуальных деревьев, позволяет по двум теоретическим или натурным зависимостям от возраста – зеленой биомассы и высоты реального дерева – получить динамику распределения биомассы по высоте дерева. На примере ели секцию можно отождествить с междоузлем (часть ствола) и соответствующей мутовкой из пяти скелетных 1-ветвей. Эта модель была расширена [2] для описания динамики биомассы и времен жизни ветвей высших порядков ели обыкновенной, которые состоят из секций, образуемых смежными виртуальными ветвями того же порядка, с двумя регулярными ветвями следующего порядка каждая.

Модель была применена к натурным данным для ели европейской *Picea abies* (L.) Karst. [6]: 1) максимальный порядок ветвей – 4; два набора собственных длительностей $t_{D,i}$ ([год]) жизни от скелетных (1-го порядка) 1-ветвей до 4-ветвей – (31,15,11,7) и (26,12,8,5).

Модель системы регулярных ветвей: описана в [2]. Использовались зависимости: изометрическая [4] для высоты дерева H_{pit} и аллометрическая [1] для максимальной биомассы $B_{m,i}$ виртуального i -дерева, зависящей от высоты H_i его появления

$$H_{pit}(T) = H_m \text{th}(T/A_i), B_i(T) = B_{m,i} (H(T)/H_m)^{\mu}, B_{m,i} = B_m (1 - H_i/H_m)^{\nu}. \quad (1)$$

Поиск в пространстве параметров описанной выше модели показал, что модель *регулярной* системы ветвей дерева не только не позволяет получить ни одного значения $t_{D,i}$ близкого к натурным, но не показывает существования ветвей порядка выше первого. Модель была дополнена двумя субмоделями, которые учитывают известные ростовые и морфологические особенности ели обыкновенной.

Начальное торможение роста: для ели характерен весьма медленный рост до 10-15 лет [3], обычно начинающийся под березовым пологом, т.е. в довольно густом травяном покрове. Субмодель, имитирующая эту особенность, выражается дополнительным множителем в формуле для высоты дерева

$$H(T) = H_{pit}(T) \text{th}^w(T/\tau_w), \quad (2)$$

где τ_w и w – параметры.

Междумутовочные ветви: эти ветви появляются на междоузлиях ели при внезапном увеличении освещенности [5, 8], приводящем к увеличению $B_{m,i}(1)$. Регулярные ветви возникают из пазушных почек, закладываемых в сезон, предшествующий появлению ветвей. Свойства ветвей (т.е. величины B_m в (1)) жестко заданы условиями этого сезона и соответствуют условиям на момент закладки почек. При улучшении условий (т.е. увеличении $B_{m,i}$) для сохранения “гармонии” с транспортом ассимилятов регулярные ветви должны бы изменить свои свойства, чего они сделать не могут. В отличие от регулярных междумутовочные ветви образуются из адвентивных почек. С учетом этих почек модель подсказывает возможный способ решения проблемы модельного описания системы ветвей ели, объясняющий также и функцию “междумутовочных” ветвей - они выступают в роли киллера регулярных ветвей, не способных реагировать на улучшение освещенности, и обеспечивают таким образом нормальное функционирование флоры. Используя технику секционной модели дерева [1], можно получить рекуррентное выражение (3) для зеленой биомассы $(j+1)$ -ветви i -секции дерева, связывающее её с биомассой j -ветви i и междумутовочной биомассой i . Здесь ΔT периодичность роста дерева.

$${}^{j+1}b_i(T - T_i - (j + k + 1)\Delta T) = ({}^j b_i(T - T_i - (j + k)\Delta T) - {}^j b_i(T - T_i - (j + k)\Delta T))/2. \quad (3)$$

Субмодель междумутовочной биомассы реализована как 1-ветвь, аналогичная регулярной ветви с биомассой $B'_m = \beta B_m$ и появляющаяся через интервал t_B после появления i -секции ствола ($\beta > 1$ и t_B – дополнительные параметры). В работе [5] отмечено, что отмирание регулярных ветвей и рост междумутовочных происходят одновременно. Более подробно описание модели и ее приложения к натурным данным приведено в [2].

Результаты: Полученные для комбинированной модели значения $t_{D,i}$ весьма близки к натурным данным. Модель только регулярной системы ветвей или включение одной из двух

субмоделей не показывает удовлетворительных значений времен жизни ветвей четырех порядков или вообще их существования. Для использованных натуральных данных [6] получены значения семи параметров полной модели, с использованием которых вычислены распределения зеленой биомассы по высоте дерева для двух упомянутых выше наборов натуральных данных. Из семи параметров полной модели можно выделить два - μ и $r(1)$, которые определяют форму распределения биомассы по высоте дерева. Для двух наборов натуральных значений $t_{D,i}$ ели, поиск дал весьма близкие значения μ и различающиеся почти в 2 раза значения r . Сравнение распределений зеленой биомассы по высоте дерева позволяет заключить, что μ может рассматриваться как параметр "вида", а r — "сорта". Предложенный механизм появления межмутовочных ветвей ели и их роль в формировании внешнего облика дерева дает возможность предположить, что их появление связано с повышением флюэтного давления при увеличении освещенности кроны. Это подтверждают результаты независимого эксперимента [9] по декапитации ветвей реликтового дерева *Wollemia nobilis* (Araucariaceae), недавно обнаруженного в Австралии.

О натуральных данных для $t_{D,i}$: анализ модели системы ветвей дерева и ее приложение к натуральным данным о продолжительности жизни ветвей всех j -порядков ели обыкновенной [6] приводит к заключению, что такие данные могут в компактной форме фактически описывать морфологию кроны дерева в динамике и оказаться весьма полезными для решения достаточно широкого круга задач морфологии растений и смежных разделов ботаники и физиологии деревьев — от классификационных задач и до происхождения растений [7]. Повидимому, не менее существенно, что определение собственно этих натуральных данных не требует значительных затрат труда и времени, по крайней мере, при точности оценки величин $t_{D,i}$ не лучше одного года, но и в противном случае оно может делаться не в полевых условиях. Поиск аналогичных литературных данных показывает, что работа [6] на сегодня является в этом смысле уникальной.

Работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант №06-04-49366. Вычислительные ресурсы предоставлены Межведомственным суперкомпьютерным центром РАН.

Литература

1. Галицкий В.В. Секционная структура дерева. Модельный анализ вертикального распределения биомассы // Журн. Общей Биологии, 2010, 71 (1): 19-29.
2. Галицкий В.В. Динамика биомассы ветвей высших порядков дерева. Модельный анализ // Журн. Общей Биологии, 2012, 73 (6): 442-452.
3. Казимиров Н.И. Ельники Карелии, Л.: Наука, 1971.
4. Полетаев И.А. О математических моделях элементарных процессов в биогеоценозах // Пробл. киберн. (16), М.: Наука, 1966, 175-177.
5. Трескин П.П. Закономерности морфогенеза скелетной части кроны взрослой ели // В: Структура и продуктивность еловых лесов южной тайги. Л.: Наука, 1973, 222-240.
6. Цельникер Ю.Л. Структура кроны ели // Лесоведение, 1994, (4): 35-44.
7. Galitskii V.V. On the evolution of the tree form with the fractal parameter. <http://vixra.org/abs/1311.0105>
8. Kramer P.J., Kozlowski T.T. Physiology of woody plants. NY.: Acad. Press, 1979.
9. Tomlinson P.B., Hagggett B.A. 2011. Partial shoot reiteration in *Wollemia nobilis* (Araucariaceae) does not arise from 'axillary meristems' // Ann.Bot. 107: 909–916.

ЛАБОРАТОРНЫЕ/ПОРТАТИВНЫЕ ГАЗОВЫЕ И ИЗОТОПНЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ ВЕЩЕСТВ. ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ГЕОЛОГИИ, ЭКОЛОГИИ, ГИДРОЛОГИИ

Галкин Г.М.
ООО "ЦТС "НАУКА", г. Москва
gavriil.galkin@yandex.ru

- Информационная справка о компании Los Gatos Research
- Продуктовая линейка лабораторных, портативных изотопных анализаторов производства компании LGR: измерение изотопного состава (2H , 13C , 12C , 17O , 18O , $15\text{N}\alpha$ и $15\text{N}\beta$) в углекислом газе, метане, воде, водяном паре.
- Продуктовая линейка лабораторных, портативных газовых анализаторов производства компании LGR: анализаторы парниковых газов, промышленных выбросов, метана, сероводорода, аммиака, оксида и диоксида азота.

- Опыт применения изотопных и газовых анализаторов в геологии, экологии, гидрологии.
- Существующие ресурсы и возможности по техническому сопровождению и сервисному обслуживанию анализаторов в России

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ ДРЕВОСТОЯ С УЧЕТОМ МЕХАНИЗМОВ КОНКУРЕНЦИИ МЕЖДУ ДЕРЕВЬЯМИ

Грабарник П.Я.¹, Женет А.², Секретенко О.П.³, Безрукова М.Г.¹

¹ИФХиБПП РАН, г. Пущино; ²Университет Лавалья, г. Квебек, Канада; ³ИЛ СО РАН, г. Красноярск
sekretenko@ksc.krasn.ru, pavel.grabarnik@gmail.com

Конкуренция между деревьями является одной из главных движущих сил лесной динамики. Цель данного исследования состояла в том, чтобы разработать модель пространственной структуры древостоев, проясняющую влияние механизмов конкуренции между отдельными деревьями на общую структуру насаждения. Для этого введен новый класс пространственных точечных процессов – модель взаимодействующих областей влияния снасыщением, описывающая конкуренцию между деревьями на локальном уровне. Отличие предлагаемой модели от существующих состоит в том, что для описания конкуренции использовано два характерных расстояния – (1) радиус зоны жизненного пространства дерева и (2) радиус более широкой зоны, связанной с его конкурентным влиянием на другие деревья. Например, если говорить о световой конкуренции, то тень, отбрасываемая деревом, распространяет зону его конкурентного воздействия далеко за пределы области проекции его кроны. Напряженность конкурентного влияния рассматриваемого дерева на соседнее определяется размером площади пересечения его зоны влияния с зоной жизненного пространства соседнего дерева. Радиус первой зоны полагается зависящим от размера самого дерева, радиус второй зоны – от размеров обоих конкурентов, то есть как влияющего, так и испытывающего влияние деревьев. Площадь жизненного пространства дерева, не перекрываемая зонами влияния соседних деревьев, определяет в модели величину ресурса, доступного дереву. Модель включает в качестве параметров радиусы обеих зон, а также вектор параметров, выражающий направленность и напряженность взаимодействий между компонентами древостоя. На примере одновозрастного 25 и 90-летних сосновых древостоев продемонстрированы свойства данной модели. В случае 90-летнего древостоя деревья по диаметру ствола были разбиты на три размерных класса, конкуренция между которыми считалась асимметричной – крупные деревья угнетают мелкие, при этом обратное воздействие отсутствует. Установлено, что параметры, оцененные методом псевдо-правдоподобия, соответствуют типу размещения каждого класса: мелкие деревья сгруппированы в кластеры, средние и крупные распределены регулярно. Радиусы влияния крупных деревьев на мелкие больше, чем на средние, что также адекватно описывает конкурентные отношения в древостое. С использованием оцененных параметров сгенерированы 999 реализаций модели, по которым выполнена статистическая проверка согласия модели и данных. Оснований для отклонения модели не обнаружено.

ТЕОРИЯ ИГР И ЗАЩИТА ЛЕСА

Гуц А.К., Володченкова Л.А.
ОмГУ им. Ф.М. Достоевского, г. Омск
aguts@mail.ru

Защита лесных насаждений является важной задачей лесных управлений регионов. Любое лесозащитное мероприятие требует финансовых вложений, и, естественно, соответствующие денежные инвестиции должны быть эффективно потрачены. Лесозащитные мероприятия — это обширный перечень работ, которые должны быть проведены в определенные периоды времени года работниками региональных лесных управлений в соответствии с разработанными и утвержденными Лесными планами. Природа может приносить неожиданные сюрпризы, которые сводят на нет некоторые проведенные лесозащитные мероприятия, что следует рассматривать как напрасно потраченные деньги, то есть следует рассматривать как убытки, понесенные лесным управлением региона. Если взглянуть на отношения Природы и лесного управления с точки зрения теории игр, то убытки лесного управления — это выигрыш игрока, именуемого «природа». Сама игра с «природой» проходит в условиях неопределенности, то есть отсутствия полной информации о стратегиях игрока «природа». В игре «природы» и лесного управления, у каждого из этих игроков можно перечислить разные стратегии поведения, в соответствии с которыми они делают свои ходы и которые означают выигрыш лесного управления, когда лесозащитное мероприятие было своевременным и деньги

потрачены не зря, либо проигрыш, если «природа», «выбрав» свою стратегию, сделала ход, который нанес убыток лесному управлению. Игру можно рассматривать как игру с нулевой суммой, когда выигрыш одного игрока равен проигрышу другого. Решение игры – это, например, равновесие Нэша. Для проведения игры с «природой» надо знать набор стратегий лесного управления $LZ(1), \dots, LZ(m)$, набор стратегий (ходов) «природы» — $L(1), \dots, L(n)$ и выигрышные функции. В случае матричной игры результаты игры образуют матрицу $\|a_{ij}\|$. Для каждой пары стратегий $LZ(i), L(j)$ имеем убытки $a_{ij} < 0$ лесного управления по реализации лесозащитных мероприятий, если «природа» выбрала ход $L(i)$ и стратегия защиты $LZ(j)$ была провальной, или выигрыш $a_{ij} > 0$, если лесозащитные мероприятия обеспечили удачную защиту леса. Впрочем, можно рассматривать биматричную игру, если проигрыш одной стороны не является, в общем, выигрышем другой. Если лесное управление обладает вероятностями стратегий «природы» — $p[L(j)]$, то наилучшей стратегией защиты леса будет такая стратегия $LZ(i)$, при которой будут минимальны средние потери, то есть будет минимальна сумма по j слагаемых вида $a_{ij} p[L(j)]$. Можно надеяться, что вероятности $p[L(j)]$ могут быть определены по результатам многолетних статистических исследований. Однако на то «природа» и является непредсказуемым игроком, что она всегда может преподнести людям неприятный сюрприз. Рассматривается в качестве примера выбор стратегий защиты леса в Белозерском лесничестве Курганской области. Проведенная биматричная игра выявила наличие 17 равновесных стратегий Нэша. Самая интересная партия — это 17-е равновесие: «природа» создает условия для пожара, а в Белозерском лесничестве, как оказалось, своевременно подготовились к борьбе с пожарами.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ РЕКРЕАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Ермакова М.В.
Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург
M58_07E@mail.ru

Особенность современного периода функционирования лесных экосистем связана, прежде всего, с тем, что оно осуществляется в условиях все возрастающего антропогенного воздействия. Известно, что это воздействие весьма разнообразно и включает как промышленное и сельскохозяйственное производство, так и сферу рекреации. При этом влияние промышленного и сельскохозяйственного производства на лесные экосистемы более-менее контролируется соответствующими органами, в т.ч. требованиями к снижению вредных выбросов, нормами ПДК и т.д. В свою очередь, рекреационное или рекреационно-хозяйственное воздействие, несмотря на имеющиеся нормативы, в настоящее время, фактически приобрело неконтролируемый характер [1]. Сложившаяся ситуация требует изменения подходов ко всем сферам лесного хозяйства, в т.ч. к оценке ущерба в результате рекреационно-хозяйственной деятельности и проблемам лесовозобновления на территориях затронутых рекреационно-хозяйственным воздействием.

Современные подходы к выявлению последствий рекреационного воздействия (определение стадии рекреационной дигрессии) построены, в основном, на оценке повреждения травяного покрова, деревьев, подростка и подлеска и степени минерализации почвы.

Из всех указанных параметров, на наш взгляд, наименее точной, во многом расплывчатой, является оценка повреждения подростка. Прежде всего, возникает вопрос, что именно считать поврежденным экземпляром подростка? Сложности, возникающие при установлении повреждений, были нами выявлены при изучении состояния подростка сосны в условиях ненарушенных и слабонарушенных лесных фитоценозов Зауралья (по состоянию травяного покрова, степени минерализации почвы и количеству тропинок) [2,3,4].

В этих условиях нами было обнаружено незначительное количество экземпляров подростка имеющих слом стволика или верхушечного побега. Иногда отмечалась гибель верхушечного побега или почки. В тоже время, в процессе исследований, было выявлено значительное количество экземпляров подростка имеющих искривление ствола в результате замены погибшего центрального побега (или почки) боковым. Кроме того, у значительного числа экземпляров подростка наблюдалось нарушение одноствольности присущей сосне обыкновенной.

Численность экземпляров подростка с морфологическими нарушениями ствола увеличивалась с возрастанием признаков рекреационной дигрессии (степени минерализации почвы, количества тропинок и т.д.). Даже в условиях ненарушенных и слабонарушенных лесных фитоценозов количество экземпляров подростка с морфологическими нарушениями достигала 50-60 % от общей численности подростка.

В результате многолетних исследований [5, 6, 7] нами было установлено, что экземпляры подростка с морфологическими нарушениями ствола представляют собой результат сложного

многоступенчатого процесса травматической (репарационной) регенерации после повреждения ствола или центрального побега (почки). Следовательно, такие экземпляры подроста также должны относиться к числу поврежденных.

Таким образом, общее количество поврежденных экземпляров подроста представляет собой совокупность недавно поврежденных и прошедших процесс травматической (репарационной) регенерации.

Сложившаяся в настоящее время ситуация с состоянием подроста хозяйственно-ценных хвойных видов, в том числе и сосны обыкновенной, требует, на наш взгляд, серьезной модификации лесохозяйственных мероприятий в сфере ухода за молодняками.

Литература

1. *Исаченко Т.Е., Исаченко Г.А.* Роль рекреации в освоении пространства. Современные проблемы сервиса и туризма. Науч.-практ. журнал, 2012. Вып. 1. С. 32-34.
2. *Казанская Н.С.* Изучение рекреационной дигрессии естественных группировок растительности // Изв. АН СССР. М. Сер. геогр. 1972. № 1. С. 52-59.
3. *Дыренков, С.А.* Изменение лесных биогеоценозов под влиянием рекреационных нагрузок возможности их регулирования // Рекреационное лесопользование в СССР. М.: 1983. С. 20-34.
4. ОСТ 56-100-95. Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы. М.: 1995. 8 с.
5. *Ермакова, М.В.* Морфологическое состояние деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L) в лесных культурах Уральского региона // Аграрный вестник Урала. 2009. № 6. С. 68-71.
6. *Ермакова, М.В.* Характеристика деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) I класса возраста с пороками формы ствола // Аграрный вестник Урала. 2008. № 12. С. 81-84.
7. *Ермакова М.В., Бессонова Т.П.* Связь морфологических нарушений ствола с характеристиками древесины и размерами междоузлий у деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) I класса возраста // Аграрный вестник Урала, 2010. № 1. С. 70–72.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОДУКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ЛЕСА

Зиятдинова З.Ф., Чилияков С.А., Чилиякова Н.А.
КФУ, г. Казань
zyaburganova@gmail.com

Одним из способов изучения состояния и динамики развития экосистемы является изучение ее продуктивности и запасов биомассы. Будучи тесно связанными со всеми процессами, протекающими в сообществе, два этих показателя позволяют точно оценивать его состояние и делать прогнозы развития. Биологическая продуктивность – фундаментальное свойство биосферы, означающее способность живого вещества воспроизводить биомассу и образовывать тем самым биотический покров (Базилевич...1993). Это одна из важнейших характеристик экосистемы и имеет особое значение при изучении процессов обмена веществ и энергии, поскольку, как показали многочисленные исследования, все основные процессы превращения вещества и энергии в экосистемах связаны с образованием и превращением биологической продукции. Целью настоящей работы было проведение сравнительного анализа показателей продуктивности лесных сообществ.

Исследования проводились на территории Раифского участка Волжско-камского государственного природного биосферного заповедника. Данный участок располагается в пределах Западно-Казанского террасово-долинного района Восточноевропейских сосновых и широколиственно-сосновых подтаежных лесов на высоких надпойменных террасах Волги. По флоре и по растительности Раифские леса хорошо представляют биогеоценозы смешанных лесов востока европейской части бывшего СССР, с которыми они связаны территориально [Ильинский, 1944; Порфирьев, 1968, 1969]. На небольшой территории встречаются почти все основные типы лесов Волжско-Камского края.

Для определения и сравнения продуктивности сообществ было заложено 11 пробных площадей в разных типах леса. На каждой площадке проводился учет древостоя, подлеска и травостоя с последующим составлением крупномасштабных карт горизонтальной структуры фитоценоза. При описании древостоя отмечались такие параметры как: вид, ярус, обхват, диаметр ствола, высота, площадь поперечного сечения, санитарно-гигиеническое состояние дерева. Кроме того на некоторых площадях был произведен сбор листового опада лиственных пород деревьев.

В начале обработки материала были рассчитаны формулы древостоя исследуемых сообществ. Расчет проводился на основании процентного соотношения площадей поперечного сечения деревьев и количества стволов. Из формул следует, что исследуемые фитоценозы

действительно относятся к различным типам леса: хвойные, в древостое которых доминируют ель и сосна; смешанные леса, в древостое доминируют лиственные виды, однако хвойные достаточно многочисленны, чтобы играть значительную роль в сообществе; лиственные леса, в древостое доминируют липа или береза. Коэффициент общности Серенсена-Чекановского ожидаемо оказался высоким для лесов одного типа, и низким для разных сообществ. Анализ соотношения опада по видам явно указывает на прямую связь со структурой сообщества: наибольшее количество опада производит доминантный вид, на порядок меньше – остальные виды. Иногда, опираясь на структуру опада, можно выделить содоминанта сообщества

Суммарный запас древесины в ряду хвойные леса – смешанные леса – лиственные леса уменьшается. По данным таксационных описаний, возраст сосны в исследованных кварталах колеблется от 60 до 250 лет, что напрямую указывает на огромные запасы древесины. По нашим оценкам это 2,5 тыс. тонн/га. Однако спектр популяции сосны перекошен в сторону генеративных особей. За время исследований нами на всей территории исследования не было встречено молодых особей. Это указывает на то, что со временем, по мере старения и отмирания деревьев, сосна может уступить доминантное положение ели, популяция которой представлена всеми возрастными состояниями. Липа, как основная лесообразующая порода в лиственных фитоценозах, имеет второй по величине запас древесины. По нашим оценкам это почти 1.8 тыс. тонн/га. В различных сообществах липа показывает себя достаточно сильным конкурентом. В лиственных кварталах популяция равномерна и представлена как молодыми, так и зрелыми деревьями. В хвойных кварталах популяция липы имеет более узкий спектр значений, смещенный в сторону небольших деревьев.

Интересно, что спектр биомассы напочвенного покрова в целом антагонистичен спектру запасов древесины. То есть, в ряду хвойные леса – смешанные леса – лиственные леса биомасса напочвенного покрова увеличивается. Наиболее низкая биомасса отмечена в кварталах, сложенных хвойными породами, чуть больше – в смешанных сообществах, наибольшая – в широколиственных лесах. Такое распределение является следствием комплекса биотических и абиотических условий, складывающихся в каждом сообществе. В хвойных сообществах, несмотря на более высокий уровень освещенности, достаточно сухо и почвы гораздо более бедные, чем в фитоценозах с участием лиственных пород.

При сравнении суммарного веса опада на площади видно, что наибольшей продуктивностью обладают сообщества лиственных кварталов. В сообществах смешанных лесов продуктивность оказалась на 15% ниже, чем в широколиственных. При этом среди лиственных сообществ наибольшую продуктивность показал березовый лес. Это согласуется с литературными данными о более высокой продуктивности березы по сравнению с другими породами.

Резюмируя вышесказанное, можно заключить, что наибольшие запасы древесины приурочены к хвойным кварталам, где сосредоточены взрослые сосны и ели. При этом, продуктивность данных сообществ достаточно низкая (судя по биомассе напочвенного покрова). В лиственных кварталах ситуация обратная – большой продуктивности соответствует меньшее накопление биомассы.

СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ И БЕРЕЗЫ ПУШИСТОЙ ПО СИСТЕМАМ РАЗМНОЖЕНИЯ И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСАМИ

Исаков И.Ю.
ВГЛТА, г. Воронеж
isakov@vmail.ru

Древесные растения являются важным экологическим ресурсом планеты, поэтому необходимо расширять наши знания о полиморфизме естественных популяций древесных пород (сосна, дуб, береза, лиственница и др.). Одним из важнейших факторов в формировании генетической структуры популяции и в планировании селекционных программ являются особенности репродуктивной системы вида, к которым относится и тип системы семенного размножения. При сопоставлении индивидуального и популяционного методов отбора не определена роль генетической системы размножения исследуемого вида древесных, которая становится необходимым компонентом исследований их (растений) адаптивных стратегий [1]. Установлено, что местные виды берез обладают рядом необходимых особенностей, благоприятствующих их вовлечению в селекционный процесс. К ним относятся: - быстрый рост в высоту; - ежегодное (обильное) плодоношение; - раннее (на 5-7 году) вступление в репродуктивную стадию онтогенеза и, следовательно, небольшой временной период между смежными генерациями; - потенциальная способность к разным способам

опыления: аут-, кросс- и инбридингу; - скрещиваемость при межвидовой и внутривидовой гибридизации; - наличие ценных с декоративной точки зрения форм, таких как карельская, каповая, далекарлийская (разрезнолистная), с медицинской – использование древесного гриба чаги, экстракты коры березы обладают ранозаживляющей, гипохолестеринемической, противовоспалительной, гепатопротекторной активностью [2]; Объектом исследования служили испытательные культуры двух местных видов берез – березы повислой (*Betula pendula* Roth) и б. пушистой (*B. pubescens* Ehrh.). Целью исследования является изучение генетических особенностей системы семенного размножения во временной динамике с использованием комплекса методов. В качестве «инструмента» для выявления типа системы семенного размножения отдельных деревьев (перекрёстники или самоопылители) использовали инбридинг. Он дифференцирует деревья на разные группы по уровню самофертильности. Для оценки уровня самофертильности был введён коэффициент самофертильности (Ксф), отражающий относительную устойчивость признака рост в высоту через его отношение при само- и свободном опылении. На основании изучения роста 10-ти и 13-тилетних семенных потомств местных видов берез получены следующие выводы. - При проведении самоопыления и у березы повислой, и у б. пушистой выявлены семьи с опережающим контролем ростом, угнетенным ростом (инбридинговая депрессия) и с не отличающимся от контроля ростом. Последние представлены преобладающим большинством. Проведена соответствующая классификация материнских деревьев на три группы: самостерильные, самофертильные и переходные формы. Семьи самоопыленного потомства самофертильных деревьев обоих видов берез статистически достоверно превышают по росту в высоту семьи этих же деревьев, опылявшихся свободно. По относительной продуктивности, определяемой как произведение рангов высоты и диаметра, выявлены семьи с хорошей продуктивностью только при самоопылении, только при свободном опылении, а также быстрорастущие семьи при разных способах опыления. - Поскольку в естественных популяциях берез выявлены самофертильные и самостерильные формы, а также получено самоопыленное потомство 2-го поколения, предлагается использовать их в разных селекционных программах сортовыведения: Самофертильные – на их основе возможно получение чистых линий и межлинейных гетерозисных гибридов; Самостерильные – на их основе возможно получение сортов-популяций.

Литература

1. Магомедмирзаев М.М. Фенетическая типизация адаптивных стратегий растений // Популяционная фенетика.- М: Наука, 1997.-с. 187-198.
2. Толстиков Г.А., Флехтер О.Б., Шульц Э.Э., Балтина А.А., Толстиков А.Г. Бетулин и его производные // Химия в интересах устойчивого развития, № 13, 2005.-с. 1-30.

ОЦЕНКА ЖИЗНЕСТОЙКОСТИ КАК ОСНОВА ПРОГНОЗА СОСТОЯНИЯ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ ЦЕНТРА И ЮГА ЕТР

Каплина Н.Ф.

Институт лесоведения РАН, п/о Успенское
kaplina@inbox.ru

Массовая информация по многолетней депрессии дубрав центра и юга Европы все ещё не позволяет прогнозировать их устойчивость к неблагоприятным факторам [5]. Методы оценки состояния древостоев основаны в основном на изменчивых по годам признаках [2, 5]. Шкала категорий состояния [2] имеет существенные упрощения и неточности. Это касается интерпретации значения водяных побегов и вторичной кроны, нет упоминания о замещающих регенеративных побегах в кроне. Размеры и развитие крон деревьев не учитываются. Оценка санитарного состояния древостоя занижается включением в расчет закономерного отпада деревьев при саморегуляции плотности.

Цель работы – анализ информативности признаков жизнестойкости деревьев и древостоев лиственных видов на примере дуба черешчатого для прогноза их состояния в неблагоприятных экологических условиях. Для этой цели наиболее подходят неспецифические признаки с возможностью визуальной оценки.

Объекты. Данные собраны в различных природных зонах центра и юга ЕТР. Изучены деревья и древостои дуба черешчатого среднего и старшего онтогенетического состояния, кроны которых имеют достаточный возраст, чтобы признаки их восстановления были очевидны. Хвойно-широколиственная зона: леса и парки Московского региона I-II бонитетов. Южная лесостепь: Постоянные пробные площади (ППП) в Воронежской области (Теллермановский лес), в контрастных

типах дубрав: нагорных I - II и V бонитета и пойменном II бонитета. Северная полупустыня. Посадки дуба в Калмыкии, в зависимости от доступности влаги - I или IV бонитета.

Методика. Предлагается три группы признаков: кратковременного или текущего состояния, за 1 год (*ТС*), среднесрочного состояния – примерно за 3-5 прошедших лет (*СС*) и долгосрочного состояния – ориентировочно за 5-15 лет (*ДС*).

ТС (в баллах) оценивали по дефолиации, дисколорации листьев, наличию усохших ветвей и побегов - признакам включенным в шкалу категорий санитарного состояния [2].

Оценку *СС* (в процентах) проводили по разрывам кроны вследствие усыхания побегов и ветвей, по участию в побеговой системе и в облиственности дерева замещающих побегов по периферии и водяных побегов по скелету кроны и по стволу.

Для оценки *ДС* использовали оригинальную классификацию роста и развития крон дуба, основанную на особенностях развития и деградации крон лиственных деревьев [1]: 1 – раскидистая крона, наиболее хорошо развитая; 2 – зонтиковидная, без нижних раскидистых ветвей, усохших под воздействием неблагоприятных факторов; 3 – узкокронная, образованная в основном водяными побегами после усыхания остальной первичной кроны. В отличие от классификации по Крафту, она применима для отдельно стоящих деревьев.

Все показатели рассчитывали а) по типам развития крон, б) на уровне древостоя: для живых деревьев (I-IV категорий состояния), как среднюю взвешенную по площадям сечения стволов на высоте 1.3 м. Данные по усохшим деревьям учитывались отдельно.

Результаты и обсуждение. *ДС* наиболее близко понятию “жизненность” или “виталитет” в фитоценологии [3]. Однако, применительно к древесным растениям в неблагоприятных условиях, необходимо учитывать периодическое и постоянное снижение жизненности. Т.е. дополнительно необходимо понятие жизнестойкости, как способности и степени восстановления жизненности, что наиболее соответствует признакам *ПС*. Для косвенной оценки жизнестойкости можно использовать *ТС* и особенно *ДС*, как её текущий и долгосрочный результаты, соответственно.

Со снижением *ДС* от раскидистого к зонтиковидному и далее узкокронному типу развития кроны, наблюдается общая тенденция ухудшения и *СС* и *ТС*, т.е. и жизненности и жизнестойкости дерева. Несколько снижается концентрация резервных углеводов в тканях [4]. Таким образом, чем больше доля раскидистых деревьев, тем больше вероятность лучших *ДС*, *СС* и *ТС*. В некоторых случаях наблюдаются отклонения от этой закономерности. Так, лучшие *ДС* и *СС* из всех изученных объектов лесостепи и полупустыни отмечены в насаждении полупустыни IV бонитета. Однако *ТС* этого насаждения – среднее, т.к. по периферии кроны побеги обычно усыхают из-за временного дефицита влаги. Тем не менее, можно полагать, что это насаждение наиболее устойчиво из всех указанных объектов.

В благоприятные годы *ТС* деревьев и древостоев улучшается даже в самых неблагоприятных экологических условиях. Например, в солонцовом древостое наилучшее для лесостепных объектов *ТС* достигалось в 1990-1992 гг. и в 2007-2008 гг., т.е. через 15 лет. Возможность достижения потенциального *ТС* говорит о высокой жизнестойкости. В те же годы сближается *ТС* раскидистых и зонтиковидных деревьев, что свидетельствует об адаптационной роли зонтиковидного типа кроны.

Дуб черешчатый в объектах исследования хорошо адаптирован к *климатическим условиям* ЕТР вплоть до северной границы полупустыни. Его численность, размеры и состояние лимитированы в основном *почвенно-гидрологическими* условиями. На состоянии деревьев и древостоев наибольшее неблагоприятное влияние оказывает *изменчивость внешних факторов*, в первую очередь климатических, а также *повреждение крон и корней* в результате абиотических и биотических воздействий. Наблюдается последовательное ухудшение *ТС*, затем *СС* и *ДС* деревьев и древостоев. Сходная динамика характерна и при угнетении деревьев в результате *конкуренции*, что можно объяснить изменением (ухудшением) их условий роста. То же наблюдается при *постоянных факторах антропогенного происхождения* (загрязнение воздуха и почвы, рекреация), к которым деревья и древостои эволюционно не приспособлены.

Прогноз состояния дубрав на несколько лет наиболее надежен при использовании признаков *СС*. Так, благоприятные и впоследствии оправдавшиеся прогнозы сделаны для ППП южной лесостепи на основании активного развития водяных побегов на месте усохших крон в начале 1980-х годов, а в 2012 г. - по признакам восстановления крон как замещающими, так и водяными побегами. После засухи 2010 г. в Московском регионе также наблюдалось активное развитие замещающих побегов. Долгосрочный прогноз должен опираться на признаки *ДС*- в первую очередь на долю раскидистых деревьев в древостое.

Выводы. 1. Предлагаются три группы признаков для оценки *ТС*, *СС* и *ДС* лиственных деревьев и древостоев. 2. Жизнестойкость наиболее непосредственно оценивается по признакам *СС*, а косвенно – *ТС* и особенно *ДС*. 3. Среднесрочный прогноз наиболее надежен по признакам *СС*, а долгосрочный – по *ДС* и *СС*.

Работа поддержана РФФИ (гранты 12-04-01347, 12-04-01077), грантом Президента РФ НШ-1858.2014.4. и Программой фундаментальных исследований ОБН РАН «Биологические ресурсы России».

Литература

1. Каплина, Н.Ф., Селочник Н.Н. Морфология крон и состояние дуба черешчатого в средневозрастных насаждениях лесостепи // Лесоведение. - 2009. - № 3. - С. 32-42.
2. Руководство по проектированию, организации и ведению лесопатологического мониторинга. Приложение 1 к приказу Рослесхоза от 29.12.2007 № 523.
3. Смирнова О.В., Торопова Н.А. Общие представления популяционной биологии и экологии растений // Восточноевропейские леса: История в голоцене и современность. М.: Наука, 2004. Кн. 1. С. 154-164.
4. Kulakova N., Kaplina N. Determination of stock carbohydrates in trees tissues and organs at estimating the conditions of forest-steppe oak stands of the European Russia // Forest Change 2014. Series of Conference Papers, No. 4, 2014. Zentrum Wald Forst Holz, Weihenstephan, Germany. P. 16.
5. The Condition of Forests in Europe. 2011 Executive Report. www.url: <http://www.icp-forests.org/pdf/ER2011.pdf>

МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДИКА ПОВЫДЕЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ДРЕВЕСНЫХ РЕСУРСОВ ЛЕСА

Каракчиева И.В., Починков С.В.
МГУЛ, г. Мытищи
innakara@mail.ru

Отличительной чертой системы управления в сфере пользования лесными ресурсами является стратегическая направленность управленческих решений в области лесопользования и воспроизводства лесных ресурсов (длительность оборачиваемости средств лесовосстановления).

При управлении лесными ресурсами недопустимо решение только текущих задач с получением максимального дохода за короткий период времени. Здесь необходимо стратегическое планирование с соответствующими методами экономической оценки лесных ресурсов.

Среди ключевых проблем, тормозящих развитие системы лесоуправления в России можно выделить следующие:

- несоответствие экономических механизмов, используемых в государственном управлении лесным сектором экономики рыночным условиям,
- высокие риски формирования негативного экологического мультипликативного эффекта,
- несовершенство нормативно-правового регулирования в области лесопользования,
- отсутствие долгосрочного прогнозирования сценариев развития лесного сектора экономики.

Центральным звеном системы лесоуправления является механизм регулирования платежей за пользование лесными ресурсами на основе их экономической оценки.

Применяемый в настоящее время подход оценки лесных ресурсов в России строится на основе ставок платы за единицу объема лесных ресурсов и ставок платы за единицу площади лесного участка. Существующие методы оценки лесных ресурсов приводит к огромным потерям дохода для государства. При этом используемый подход к определению плата за единицу древесного ресурса леса:

- 1) не отражает реальной доходности от рубки леса и ведет к снижению лесного дохода,
- 2) завышен для низкокачественных и занижен для высококачественных лесных ресурсов,
- 3) не учитывает реальной разницы в затратах на заготовку разноудаленных от транзитных транспортных путей ресурсов.

Таким образом, отсутствие эффективной системы лесоуправления, ведет к недооценке необходимости экономического обоснования, как для систем ведения лесного хозяйства, так и для организации лесозаготовительного производства, и лишает собственника леса значительной части дохода. В ходе данного исследования разработаны модель экономической оценки лесных ресурсов и методика повыдельной оценки доходности лесных ресурсов на разных уровнях управления.

Поскольку центральное звено системы лесоуправления – это механизм регулирования платежей за пользование лесными ресурсами, разработанная модель экономической оценки лесных ресурсов призвана стать экономическим механизмом, как, учитывающим рыночные условия, так и формирующим эффективную систему государственного управления лесным сектором экономики.

Данная работа выполнена в рамках государственного контракта Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ И КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Коломыц Э.Г.¹, Керженцев А.С.², Шарая Л.С.¹
¹ИЗВБ РАН, г. Тольятти; ²ИФПБ РАН, г. Пущино
egk2000@mail.ru

Представлен краткий обзор состояния проблемы устойчивости в лесной экологии и дана оценка применимости известных математических моделей устойчивости к ландшафтно-экологическим системам. Изложены идеология и методика количественных оценок устойчивости лесных экосистем. Выделены два уровня устойчивости: лабильный фитоценотический и инерционный почвенно-биотический. Для каждого из них проведены расчеты индексов резистентной/рез(1) и упруго-пластичной/упр(1) устойчивости лесных биогеоценозов. Индексы устойчивости лесного биогеоценоза рассчитывались как меры евклидова расстояния от его оптимального функционального состояния. Лабильная устойчивость выражена двумя комплексными дискретными параметрами метаболизма – коэффициентом годового оборота надземной фитомассы KR и подстильно-опадным индексом, т.е. коэффициентом годичной деструкции. Установлено, что если первоначальная реакция лесного биогеоценоза на внешние сигналы зависит главным образом от резервного фонда в виде подстилочной массы, то дальнейший адаптивно-восстановительный потенциал определяется почти исключительно годовым оборотом надземной фитомассы. Рассчитаны времена проявления/рез(1) и/упр(1) лесных биогеоценозов при климатических изменениях.

Инерционный почвенно-биотический уровень устойчивости/рез(2) и/упр(2) охватывает более обширный и более медленный метаболический цикл. Он включает компонент устойчивости, связанный с формированием и динамикой органического вещества почвы, поэтому в расчетные формулы помимо параметра KR входят масса лесной подстилки ML и масса гумуса HU .

На примере Среднего Поволжья показано, что территориальные контрасты в индексах обоих типов инерционной устойчивости лесов носят достаточно четкий зональный характер. На границе лесостепной и степной зон в резистентной устойчивости ведущую роль играет масса лесной подстилки, а в упругой – масса гумуса, при одинаково слабом влиянии параметра KR . В направлении от южной лесостепи к северной границе лесостепной зоны масса подстилки сохраняет доминирующий положительный вклад в распределение/рез(2) лесных биогеоценозов. Одновременно резко возрастает ее отрицательная роль в восстановительном потенциале лесов, на фоне все более снижающейся роли скорости годичного оборота фитомассы. Резкий перелом в факторной ординации индексов обоих типов устойчивости по метаболическим параметрам происходит на границе лесостепной и подтаежной зон, которая образует известный Главный ландшафтный рубеж Русской равнины. Здесь происходит скачкообразное падение роли подстилочной массы. При этом для упр(2) в разряд доминирующего фактора выходит масса гумуса.

Дальнейшее приближение в расчетах индексов инерционной устойчивости экосистем связано с введением «весовых» коэффициентов при предикторах ML и HU . Весовые коэффициенты характеризуют вклад каждого метаболического признака в ту или иную устойчивость. Построены уравнения линейной регрессии/рез(2) и/упр(2) лесных экосистем для двух экорегионов Окско-Волжского бассейна: Самарской Луки (СЛ, полигон Жигули) и Приокско-Тerrasного заповедника (полигон ПТЗ). В результате получено гораздо более четкое представление о механизмах функционирования лесного сообщества, которые обеспечивают ему как резистентную, так и упругую устойчивость. Ее механизмы не могут срабатывать без участия гумусной массы, роль которой в стабилизации лесного биогеоценоза возрастает при снижении ее содержания, что отвечает известному «закону» минимума лимитирующих факторов Либиха.

Выявлено также, что высокая резистентная устойчивость лесного сообщества поддерживается главным образом путем ослабления автотрофного биогенеза ($-KR$) и во вторую очередь – замедлением процессов деструкции ($+ML$). Реализация же восстановительного потенциала определяется главным образом увеличением активности детритной ветви метаболизма, о чем говорит высокая отрицательная связь индекса упругой устойчивости с массой подстилки. Этому способствует также рост автотрофного биогенеза ($+KR$). Роль его в экогенетических сукцессиях может быть как соразмерной с активным детритогенезом, снижающим значение ML , так и второстепенной. Таким образом, в процессе восприятия неблагоприятных внешних сигналов лесной биогеоценоз переключается с одних ведущих процессов своего функционирования на другие – со скорости автотрофного биогенеза на темпы разложения лесной подстилки.

В картографировании устойчивости лесных экосистем были использованы новые методы геоморфометрии – науки о моделировании рельефа, особенно развившейся за последние 30 лет. Применена разработанная П.А. Шарым система из 18-ти параметров, с более качественными

алгоритмами расчета морфометрических характеристик. Были использованы спутниковые данные НАСА о рельефе – матрицы высот земной поверхности разрешения 90 м, полученные в ходе выполнения международного проекта SRTM «США-Италия-Германия» (Shuttle Radar Topography Mission – проект радарной съемки рельефа спутником Шаттл). Проводились процедуры интерполяция и экстраполяция измеренных и рассчитанных данных в точках по матрицам факторов среды, для которых множественная регрессия выявила наиболее тесные статистические связи. Подучены соответствующие уравнения регрессии, по которым и выполнялось крупномасштабное картографирование.

Установлено, что на зональном экотоне леса и степи (полигон СЛ) максимальным восстановительным потенциалом обладают мезоморфные плакорные дубо-липняки Жигулевского плато и мезо-гидроморфные супераквальные леса глубоко врезанных долин. Гораздо менее устойчивы ксероморфные трансэлювиальные и транзитные остепненные сосняки и сосново-широколиственные леса. На южной границе подтаежной зоны (полигон ПТЗ) наиболее устойчивы, с одной стороны, ксеро-мезоморфные липово-березово-осиновые леса, произрастающие на карбонатном элювии, а с другой, – заболоченные сосняки, ельники и черноольшаники днищ речных долин и междуречных западин. Плакорные мезоморфные сосново-липово-дубовые леса, а также трансаккумулятивные мезо-гидроморфные ельники с сосной отличаются минимальной упругой устойчивостью.

Переход с локального уровня картографирования устойчивости лесов Окско-Волжского бассейна на региональный осуществлялся с помощью специально разработанного метода индукционно-иерархической экстраполяции, основанного на эмпирически установленном явлении полизональности локальных гео(эко-)систем как формы их реакции на глобальные изменения климата. Построены карты индексов лабильной устойчивости лесных формаций Окско-Волжского бассейна. Выявлено, что средне- и южнотаежные еловые и широколиственно-еловые подтаежные леса имеют пониженную устойчивость обоих типов. Средне- и южнотаежные сосновые леса отличаются, наоборот, более высокой чувствительностью к воздействиям, но менее развитыми механизмами функционального восстановления. Широколиственно-сосновые и широколиственные леса весьма чувствительны к внешним сигналам, но способны к сравнительно быстрому функциональному восстановлению.

Итак, большинство лесных формаций Окско-Волжского бассейна характеризуются высокой чувствительностью к внешним возмущениям, но в то же время – достаточно развитыми механизмами, олицетворяющими их упругую устойчивость. Это означает, что экзогенная динамика функциональных и структурных параметров лесных экосистем региона отражает смену их первоначальной адаптивной стратегии в меняющейся окружающей среде на стратегию последующего устойчивого развития, стремящегося привести их в первоначальное либо новое устойчивое функциональное состояние после «снятия» или даже ослабления воздействий (например, стабилизации климата, уменьшения загрязнения природных сред, снижения рекреационной или пастбищной нагрузки).

МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ РУБОК, ОРИЕНТИРОВАННАЯ НА ДАННЫЕ ГУЛФ

Корзунин М.Д., Зукерт Н.В., Голованов А.С.
ЦЭПЛ РАН, г. Москва
zukunft@mail.ru

Результаты внешних воздействий на лес поддаются расчету, так что мы можем оценивать последствия этих воздействий, а также планировать те из них, которые относятся к ведению лесного хозяйства и лесопользованию.

Частью такого планирования является решение задачи по оптимизации рубок; задача стандартна для планирования и управления состоянием лесных ресурсов [1], и решается путем формулировки т.н. математических моделей динамики лесов, с последующими расчетами.

Естественно выделяются два типа моделей (общие обзоры см. в [10, 11]).

А. Модели, основанные на динамических уравнениях для малого числа видов (1-2), (например, [3, 4, 12]). Эти «модельные» конструкции, впрочем, вполне пригодны для расчета простых реальных систем. Их преимущества для решения задач оптимизации очевидны: возможность исследовать существование и единственность решений, а также получать формульные результаты. Недостатки тоже очевидны – невозможность прикладных расчетов для реальных многомерных ситуаций.

Б. Имитационные модели. Если это динамические уравнения, то они оперируют любым числом переменных (например, [5, 9]) и к ним приходится применять алгоритмы численного поиска оптимума. Если это т.н. Individual-tree models (например, [6, 8]), то их открытая архитектура пригодна для

решения любых «лесных» задач, однако их стохастический характер оставляет единственно возможным прямой прогон по параметрам с отбором оптимальных вариантов счета.

В предлагаемых тезисах мы представляем результаты, относящиеся к обоим типам моделей, примененным к нахождению оптимальной величины сплошных рубок главного пользования.

1. Рассматривалась множество одно - двух видовых моделей, которые описывают динамику площадей, занятых, соответственно, одной или двумя породами (согласно методам измерения, принятым в ГУЛФ, эти породы преобладают на площади); система площадей возрастно-распределенная и рассматривается в дискретном времени. Базовой является одновидовая система N возрастов, описывающая гибель насаждений (с удельной скоростью d) и сплошные рубки, ведущиеся с возраста спелости $L+1$:

$$\begin{aligned}x_1(t+1) &= Sd x_k(t) + C \\x_2(t+1) &= x_1(t)(1-d) \\x_L(t+1) &= x_{L-1}(t)(1-d) \text{ (последний класс молодых)} \\x_{L+1}(t+1) &= x_L(t)(1-d) \text{ (первый класс спелых)} \\x_{L+2}(t+1) &= x_{L+1}(t)[(1-d-C/X_M(t))_{(1)}] \\x_{N-1}(t+1) &= x_{N-2}(t)[(1-d-C/X_M(t))] \\x_N(t+1) &= [(1-d-C/X_M(t))[x_{N-1}(t)+x_N(t)],\end{aligned}$$

где площади нормированы, $X = Sx_k(t)$, $X_M = Sx_k$ ($k = L+1..N$) – площадь спелых насаждений, а C – заданная площадь рубки в единицу времени (доля полной площади, для простоты взята постоянной). Система нелинейна. Было найдено, что максимально возможная площадь рубок равна (2).

Аналогичные результаты можно получить для систем, обобщающих (1), например, при включении в модель необлесенных площадей или для простейшей двухпородной системы. В более сложных случаях (например, система с необлесенными площадями и расщеплением видов при воспроизводстве) аналитические решения невозможны.

2. Большая имитационная модель динамики площадей для любого числа пород, с необлесенными площадями разного происхождения (после рубок и пожаров) и их зарастанием, с расщеплением видов при воспроизводстве, лесопосадками и с сукцессиями общего вида была разработана в ЦЭПЛ (под руководством Г.Н. Коровина) [2].

Модель адаптирована к форматам данных отчетности ГУЛФ и лесоустройства. Она использовалась для решения ряда задач (например, прогноз динамики структуры лесов (возрастной, породной) при разных интенсивностях рубок и пожаров, прогноз динамики основных составляющих углеродного баланса лесов). А также, для решения группы задач по оптимизации рубок при различных ограничениях на целевую функцию. В принципе, динамические уравнения имеют структуру типа системы (1).

Неубывающее по общему запасу лесопользование описывается системой уравнений и условий:

$$\begin{aligned}S(t+1) &= \Phi(S(t), Y(t), D(t), X(t))_{(3a)} \\Y(t+1) &= \varphi(S(t), Y(t), D(t), X(t))_{(3b)} \\W(X(t+1)) &\geq W(X(t))_{(3c)}\end{aligned}$$

Здесь $S(t)$ – покрытые лесом площади, $Y(t)$ – пустующие площади, $X(t)$ – площади рубок, $D(t)$ – интенсивность стихийных воздействий, $W(X(t))$ - общий запас изымаемой древесины. Задача состоит в том, чтобы из множества траекторий системы (3а, б) выбрать такую, которая удовлетворяет неистощимости лесопользования и обеспечивает наибольшее значение некоторой целевой функции F , где F – это общий запас изымаемой древесины за период прогнозирования T . Соответствующую задачу математического программирования можно записать в виде:

$$F(X(1), X(2), \dots, X(T)) \rightarrow \max_{(4)}$$

при ограничениях (3а-с). Был разработан эффективный машинный алгоритм поиска траекторий неубывающего лесопользования (3с).

Примеры решенных задач (выполнены для некоторых субъектов РФ):

- оценка ресурсного потенциала с и без искусственного лесовосстановления;
- оценка ресурсного потенциала с и без ограничений на породную структуру леса и лесозаготовок.

Литература

1. *Вершинина Т.* Оптимизация рубок ухода. *Дерево.ru*. 2011. № 2. С. 18-21.
http://www.derevo.ru/derevo_jornal_pdf/2011/upravlenie-one-page.pdf
2. *Коровин, А.С. Голованов, Н.В. Зукерт, М.Д. Корзухин, В.В. Нефедьев.* [под науч. ред. М.Д. Корзухина; авт. вступит. ст. В.В. Нефедьев] Лесные ресурсы: динамика, прогнозирование и оптимальное управление: науч. издание / Г.Н. – М.: ЦЕПЛ РАН, 2013. - 173 с.
3. *Anand J., Herath G.* A critical review of multi-criteria decision making methods with special reference to forest management and planning // *Ecological economics*. 2009. V. 68. No. 10. P. 2535–2548.
4. *Davydov A.A., Platov A.S.* Optimal stationary solution in forest management model by accounting intra-species competition // *Moscow Mathematical Journal*. 2012. V. 12, No. 2. P. 269–273.
5. *Kloss D.* Strategic forest management model, version 2.0, users guide // Ministry of Forest Resources, Ontario. 2002. – 328 pp.
6. *Komarov A., Chertov O., Zudin S., Nadporozhskaya M., Mikhailov A., Bykhovets S., Zudina E., Zoubkova E.* EFIMOD 2—a model of growth and cycling of elements in boreal forest ecosystems // *Ecological Modelling*. 2003. V. 170. No. 2-3. P. 373-392.
7. *Kurz W.A., Dymond C.C., White T.M., Stinson G., Shaw C.H., Rampley G.J., Smyth C., Simpson B.N., Neilson E.T., Trofymow J.A., Metsaranta J., Apps M.J.* CBM-CFS3: A model of carbon-dynamics in forestry and land-use change implementing IPCC standards // *Ecological Modelling*. 2009. V. 220. No. 4. P. 480–504.
8. *Lindner M., P. Lasch, M. Erhard.* Alternative forest management strategies under climatic change – prospects for gap model applications in risk analyses // *Silva Fennica*. 2000. V. 34. No. 2. P. 101–111.
9. *Nelson J.* Forest planning studio (fps) – ATLAS program. Reference manual, version 6 // Vancouver, BC. 2003. – 104 pp.
10. *Porté A., Bartelink H.H.* Modelling mixed forest growth: a review of models for forest management // *Ecological Modelling*. 2002. V. 150. No. 1. P. 141-188.
11. *Scheller H.M., Mladenoff D.J.* An ecological classification of forest landscape simulation models: tools and strategies for understanding broad-scale forested ecosystems // *Landscape Ecology*. 2007. V. 22. P. 491-505.
12. *Tahvonon O.* Optimal harvesting of forest age classes: a survey of some recent results // *Mathematical Population Studies*. 2004. V. 11. No. 3-4, P. 205-232.

ОЦЕНКА СОМКНУТОСТИ ДРЕВЕСНОГО ПОЛОГА ПО РАЗНОСЕЗОННЫМ СНИМКАМ LANDSAT

Королева Н.В.
ЦЭПЛ РАН, г. Москва
Natasha@ifi.rssi.ru

Одним из важных показателей, использующихся при оценке лесных ресурсов, является сомкнутость древесного полога, определяемая как отношение суммы площадей горизонтальных проекций крон деревьев в древостое к общей площади участка, покрытого лесной растительностью, на котором произрастает этот древостой. Очевидно, что приборы дистанционного зондирования Земли из космоса являются тем самым инструментарием, который может активно использоваться для оценки характеристики на больших территориях. Во многих странах исследования по определению сомкнутости древесного полога базируются на методах установления количественных взаимосвязей спектрально-отражательных яркостей (или вегетационных индексов) древостоя с процентом сомкнутости крон деревьев в различных лесорастительных условиях [1 - 5].

В рамках проекта РФФИ «Разработка методов диагностики сукцессионного состояния лесных экосистем на основе оценки пространственно распределения их основных характеристик по данным дистанционного зондирования» (№13-014-1521) также изучаются возможности спутниковых данных по определению сомкнутости древесного полога на территории Печоро-Илычского государственного заповедника.

Заповедник занимает большую территорию и располагается в Республике Коми, в западных предгорьях Северного Урала. В нем представлено высокое многообразие равнинных и горных бореальных лесов. Равнинную часть заповедника занимают светлохвойные леса из сосны с примесью лиственницы сибирской. В предгорном районе преобладают темнохвойные леса из ели сибирской и пихты сибирской. В обоих районах в качестве примеси встречаются береза повислая, береза пушистая и осина. Горный район, до высоты 600 м над уровнем моря, представлен темнохвойными лесами, выше располагается пояс березового криволесья, образованный березой

извилистой и отдельными угнетенными деревцами ели, пихты и кедра; еще выше – субальпийские луга и горные тундры.

В 2013 году на территории Печоро-Илычского заповедника были заложены 73 временных пробных площадки размером 400 кв. м. С помощью GPS определялись координаты углов и центра каждой площадки. На каждой пробной площадке проводились сплошной перебор деревьев, естественного возобновления и геоботаническое описание. Проводились выборочные измерения высот деревьев каждого из древесных ярусов. На каждой площадке определялись влажность почвы и сомкнутость крон. В дополнение производилась съемка территории фотоаппаратом, снабженным линзой «рыбий глаз» для более точной оценки сомкнутости верхнего полога древостоя.

Для проведения исследований по оценке сомкнутости крон на территории заповедника использованы космические снимки Landsat-8 с пространственным разрешением 30 м. Снимки подобраны в период наличия снежного покрова (14 апреля 2013 г.) и в бесснежный период (3 июля 2013 г.). Для каждого сезона выбраны по два снимка из одного пролета и сформированы два композитных изображения. Применение зимних изображений улучшает точность определения сомкнутости, вследствие закрытия напочвенного покрова снегом, и таким образом устранения влияния травяной и мохово-лишайниковой компоненты на общую спектральную яркость в пикселе. Для летнего и зимнего композитного изображения рассчитаны вегетационные индексы: нормализованный вегетационный индекс NDVI и коротковолновый вегетационный индекс SWVI.

Между данными, полученными по результатам наземного обследования, и соответствующими им значениями из изображений индексов NDVI и SWVI, строится множественная линейная регрессия. Задачей множественной линейной регрессии является построение линейной модели связи между одной зависимой переменной и набором нескольких независимых переменных.

Уравнение для линии, которая наилучшим образом аппроксимирует существующие данные, имеет следующий вид: $y = m_1x_1 + m_2x_2 + m_3x_3 + m_4x_4 + b$, где зависимое значение y — функция независимого значения x , значения m — коэффициенты, соответствующие каждой независимой переменной x , а b — постоянная.

Известные значения y — это множество значений сомкнутости полога, полученных по результатам наземного обследования, значения x_1 – x_4 — множество значений, полученных из изображений индексов (NDVI летний композит, SWVI летний композит, NDVI зимний композит, SWVI зимний композит). Коэффициент детерминированности между значениями составляет 0.71, что говорит о хорошей корреляции, и что уравнение регрессии подходит для предсказания значений сомкнутости полога по имеющимся изображениям вегетационных индексов.

По полученному уравнению, значения индексов были пересчитаны в значения сомкнутости полога и построена карта сомкнутости крон.

По итогам исследований и сравнения с данными наземных обследований 2013 года выявлено занижение значений сомкнутости на теневых склонах горных территорий. Для учета влияния различной освещенности рельефа проводилась дополнительная нормализация изображений Landsat-8 с помощью стандартной модели отражения Ламберта, однако ее применение не оказало значительного влияния на результат.

Данные полевых исследований, проведенные в 2014 году, позволяют достоверно оценить точность определения сомкнутости крон, а также внести коррекцию в методику определения сомкнутости на теневых склонах.

Литература

1. Azizi Z., Najafi A., Sohrabi H. Forest canopy density estimating, using satellite images The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B8. 2008. P. 1127-1130
2. Heiskanen J. Tree cover and height estimation in the Fennoscandian tundra–taiga transition zone using multiangular MISR data. Remote Sensing of Environment 103. 2006. P. 97–114
3. Rama Chandra Prasad P., Nidhi Nagabhatla, Reddy C. S., Stutee Gupta, Rajan K. S., Raza S. H., Dutt C. B. S. Assessing forest canopy closure in a geospatial medium to address management concerns for tropical islands—Southeast Asia. Environ Monit Assess. DOI 10.1007/s10661-008-0717-4 2009 P.14
4. Mahboob J. and Iqbal F. Forest crown closure assessment using multispectral satellite imagery. African Journal of Agricultural Research Vol. 7 (36), 2012. P.5033-5042
5. Walton J. T., Nowak D.J., and Greenfield E. J. Assessing Urban Forest Canopy Cover Using Airborne or Satellite Imagery. Arboriculture&UrbanForestry. 34(6): 2008. P. 334–340

АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНАЯ ОЦЕНКА ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Кошелев А.В.
ВНИАЛМИ, г. Волгоград
alexkosh@mail.ru

Защитные лесные насаждения (ЗЛН), расположенные на землях сельскохозяйственного назначения, являются основой формирования устойчивых агроландшафтов. В настоящее время агролесомелиоративный фонд страны составляет порядка 2.8 млн га защитных лесных полос различного функционального назначения, более 2 млн га из которых находятся в неудовлетворительном состоянии вследствие бесхозного существования и несанкционированной антропогенной деятельности в них.

В связи с этим необходима всеобщая инвентаризация лесомелиоративных насаждений в масштабах страны для получения достоверной информации – с целью разработки неотложных лесохозяйственных мероприятий, направленных на сохранение существующих насаждений, улучшение их состояния и увеличение долговечности.

Использование дистанционных методов и геоинформационных технологий на современном этапе позволяет произвести оценку и картографирование состояния защитных лесонасаждений и рекомендовать необходимые лесомелиоративные мероприятия с наименьшими временными и трудовыми затратами.

Объектом исследований являлись полезащитные лесные полосы Краснодарского края. За время проведения исследований (2006-2011 гг.) было обследовано свыше 10 тыс. га лесных полос ЗЛН разного возраста, состава пород, схем смешения и назначения.

Исследования проводились с применением новой трёхступенчатой методологии картографо-аэрокосмической инвентаризации ЗЛН на основе геоинформационных технологий [1], которая включает:

- камеральное дешифрирование среднемасштабных космоснимков (М 1:10000-1:100000 с разрешением 10-30 м) и анализ тематических карт соответствующего масштаба;
- камеральное и полевое дешифрирование крупномасштабных космоснимков (М 1:10000 и крупнее с разрешением 1-10 м);
- выборочные полевые исследования на ключевых участках с ландшафтным профилированием и крупномасштабным лесным картографированием территории.

Предлагаемая методология предусматривает одновременный трёхуровневый анализ системы полезащитных лесных полос в пределах района, хозяйства и отдельно взятой лесной полосы.

На первом уровне - административный район - устанавливается общая структура агролесомелиоративного фонда района. На втором уровне - хозяйство - определяются пространственные и количественные характеристики системы лесных полос. На третьем уровне - лесная полоса - производится оценка состояния насаждений с использованием космических снимков высокого разрешения, формируется база эталонов типичных схем смешения лесных полос, осуществляется экстраполяционное дешифрирование и дается лесоводственно-мелиоративная оценка системы защитных лесных насаждений по каждому хозяйству и административному району в целом.

Согласно первому этапу на стадии предварительного камерального дешифрирования проводили анализ имеющихся в наличии цифровых космоснимков и топографических карт, в ходе которого осуществлялось: установление границ района исследования; поиск и распознавание объектов (систем лесных полос); составление обзорной космофотокарты. Созданная карта отражает современную хозяйственную ситуацию на исследуемой территории, в частности взаимное расположение лесных полос, их ориентацию относительно господствующих направлений вредоносных ветров, степень завершенности системы защитных лесных насаждений, общую защитную лесистость территории и т.д.

В ходе полевого эталонирования космоснимков высокого разрешения на таксационно-дешифровочных пробных площадях и камерального дешифрирования разрабатываются дешифровочные признаки основных видов лесных насаждений, формируется база эталонов преобладающих схем смешения лесных полос, характеризующих состояние насаждений в данный возрастной период для исследуемого района.

Для предварительной оценки состояния лесных полос в камеральных условиях используется авторский способ определения состояния насаждения по его сохранности на основе гистограммного анализа распределения пикселей по относительной плотности полога [3]. Суть данного способа заключается в следующем. Полог нормального сомкнутого насаждения и полог распадающегося

насаждения имеют различные яркостные характеристики. Эти отличия видны на гистограмме распределения пикселей, что позволяет количественно оценить состояние лесной полосы по среднему значению фототона. Для качественной характеристики состояния насаждений нами использовалась 6-бальная шкала лесоводственно-мелиоративной оценки академика Е.С. Павловского [2], адаптированная под данный способ, учитывающая состав пород, высоту и конструкцию насаждений для конкретных лесорастительных условий.

По завершении полевого эталонирования и камерального дешифрирования на основе полученных данных создается локальная агролесомелиоративная геоинформационная система на базе программного пакета «MapInfo», в которой содержится картографическая информация, таксационно-мелиоративная характеристика и пространственные координаты каждой лесной полосы. Полученные картографические модели полезащитных лесных полос на основе программного пакета «MapInfo» позволяют оценить пространственное размещение насаждений и определить виды, объемы и очередность лесохозяйственных мероприятий, направленных на увеличение долговечности лесных полос с пространственной привязкой к каждому насаждению. То есть, зная географические координаты лесной полосы можно проводить точные лесохозяйственные мероприятия не по всему профилю насаждения, а только в его худших по состоянию участках. Таким образом, разработанная ГИС может поддерживать в актуальном состоянии базы данных с таксационно-мелиоративной характеристикой о каждой лесной полосе и картографическую информацию, обеспечивать оперативное внесение текущих изменений на естественный рост насаждений и хозяйственную деятельность. На базе агролесомелиоративной ГИС целесообразно проведение мониторинга состояния насаждений и обновление лесных карт, планирование и проектирование лесохозяйственных мероприятий. Кроме того, она дает возможность получать различную информацию через систему программных запросов для анализа, принятия решений и планирования ведения лесного хозяйства.

По итогам проведения всех работ нами была определена экономическая эффективность использования дистанционной информации и геоинформационных технологий при агролесомелиоративной оценке защитных лесных насаждений. Затраты на выполнение данных работ дистанционными методами оказались в 1.3 раза меньше по сравнению с аналогичными наземными исследованиями. Помимо этого, почти в 2 раза уменьшаются затраты по времени производства всех видов работ и происходит сокращение численности исполнителей, что приводит к повышению точности и объективности получаемой информации.

Литература

1. Кошелев А.В., Рулев А.С. Методология картографо-аэрокосмической инвентаризации защитных лесных насаждений // Защитное лесоразведение, мелиорация земель и проблемы земледелия в Российской Федерации: материалы Международной научно-практической конференции / ВНИАЛМИ. - Волгоград, 2008. С. 40-42.
2. Павловский Е.С. Устройство агролесомелиоративных насаждений. - М.: Лесная пром-ть, 1973. 128 с.
3. Способ определения состояния защитных лесных насаждений: пат. 2330242 Рос. Федерация. – № 2006144553/28; заявл. 13.12.2006; опубл. 27.07.2008, Бюл. № 21. - 5 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА В ИНФОРМАЦИОННОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

Кренеке А.Н., Пузаченко Ю.Г., Сандлерский Р.Б.
ИГ РАН, г. Москва
Krenke-igras@yandex.ru

Исследования экосистем из космоса, а так же планирование хозяйственной деятельности по защите и освоению биологических ресурсов на основе данных космического зондирования, коренным образом поменяли скорость и точность получения данных, а также впервые предоставили настоящему пространственный взгляд на экосистему. В настоящее время применения мультиспектральных, радарных и иных данных дистанционного зондирования носит массовый характер. Особенно развиты направления мониторинга состояний экосистем, мониторинга природных и антропогенных катастроф, однако, бурно развивается и отрасль информационного обеспечения управления хозяйством. В данном сообщении предлагается методика информационного обеспечения управления лесным фондом работающая на разных иерархических уровнях задач управления.

В основе любого управления лежит информация. Качество существующей информационной базы зависит от качества лесотаксации, подходы к которой, в нашей стране, мало изменились за последние 30-40 лет. Основными методическими факторами, потенциально снижающими качество

«традиционной» таксации лесов, являются использование представлений о существовании однородного таксационного лесного выдела с однородными лесорастительными условиями (и, соответственно, свойствами леса, идентифицируемыми границами и т.п.). Эти представления прямо связаны с организменной концепцией организации растительного покрова Ф.Э. Клементса и близкими к ним представлениями о биогеоценозе В.Н. Сукачева. Вместе с тем доказано, что реальная организация растительного покрова более отвечает индивидуалистической концепции Раменского-Глизона, подразумевающей континуальное изменение в пространстве его состояний. Также показано, что многие компоненты ландшафта, определяющие во многом состояние растительного покрова, фрактальны. Это означает, что эти компоненты одновременно непрерывны и вместе с тем дискретны, а также обладают самоподобной вложенной структурой. Это вызывает неопределенность сегментации выделов растительного покрова и множественность уровней однородности. Таким образом, невозможно провести четких границ, отделяющих один тип леса от другого, и каждый наблюдатель или таксатор будет оценивать его в рамках своего экспертного мнения, что вносит дополнительную неопределенность. Проблемные точки практической реализации традиционной лесотаксации можно обобщить, как необходимость в большом количестве человеко-часов для ее выполнения, а также низкая масштабируемость и оперативность при внесении изменений. Различные хозяйственные задачи требуют разной точности, обобщенности и себестоимости обеспечиваемой информации.

До появления мультиспектральной спутниковой информации, трехмерных моделей рельефа, ГИС и разнообразных методов анализа изображений, организменная концепция, указанная выше, была единственно возможной основой лесной таксации, а крупные объемы трудозатрат - неизбежными при инвентаризации леса. Новые технологические возможности позволяют привести информационное обеспечение лесной промышленности в соответствие с теоретически более реалистичными моделями организации ландшафтного и растительного покровов, а также реализовать различные иерархические уровни обработки, соответствующие различным задачам.

В настоящее время существует множество подходов к решению задачи инвентаризации лесов на основе ДДЗ, среди них наиболее активно развиваются направления связанные с применением снимков крупного разрешения, лазерного сканирования, и т.д., однако в условиях обширных малоосвоенных лесных территорий (таких как в России или Канаде) эти методы часто избыточны и чрезмерно дорогостоящи.

Теоретические основания предлагаемого подхода заключаются в следующем: состояния переменных, включаемых в лесотаксацию и измеряемых на пробных площадях, рассматриваются как функции солнечной радиации отраженной в различных спектральных каналах спутникового снимка, а так же соотношений этих каналов выраженных через различные индексы и общие энергетические показатели, такие как сумма поглощенной энергии, энтропии Больцмана и Кульбака, эксергии, тепловой поток и связанная энергия. Информация, содержащаяся в этих внешних переменных, прямо или косвенно отражает состояние лесной растительности и является естественной основой для интерполяции выборочных измерений на район исследования.

Используя статистические методы, можно получить для локальной территории соответствующей размеру пикселя мультиспектральной съемки не только наиболее вероятное значение состояний переменных, но и соответствующие доверительные интервалы.

В целом предлагаемая методика решения опирается на спектральную разделимость различных лесных сообществ, а также возможность соотнесения полевых измерений с данными дистанционного зондирования. Аппарат определения области применимости полевых данных опирается на топологию многомерного пространства дистанционного зондирования и самоподобную структуру лесных сообществ.

Для решения лесохозяйственных задач различного уровня целесообразно применить иерархическую модель анализа. Условно можно разбить задачи на макро, мезо и микро уровни. Разнообразие мультиспектральных данных позволяет осуществлять переход с «стратегического» на «тактический» уровень управления лесным хозяйством, пользуясь разными наборами данных и сенсорами. Использование данных мелкого разрешения (более 250 метров в пикселе), позволяет решать задачи макроуровня.

Тогда как для решения задач мезо уровня наиболее подходящими являются данные дистанционного зондирования с разрешением 20-40 м по пяти - десяти спектральным каналам. В данном сообщении демонстрируется пример реализации данной концепции на проектировании сети лесоперерабатывающих предприятий на дальнем востоке.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОДЕРЖАНИЯ И ДИНАМИКИ ПЛАСТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОВ
В ТКАНЯХ И ОРГАНАХ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО (*QUERCUS ROBUR* L.)
ПРИ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ЛЕСОСТЕПНЫХ НАГОРНЫХ ДУБРАВ
ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ**

Кулакова Н.Ю., Каплина Н.Ф.
Институт лесоведения, п/о Успенское
nkulakova@mail.ru

Дуб черешчатый – одна из наиболее ценных лесообразующих пород в лесостепной зоне, но в последнее столетие дубравы Европы и России сильно деградировали под влиянием антропогенной деятельности и климатических изменений [1, 2]. Для сохранения и восстановления дубрав необходимо развивать методы оценки и прогнозирования их состояния.

Оценка содержания неструктурных углеводов (NSC) в тканях и органах деревьев в комплексе с традиционными визуальными и дендрометрическими показателями помогает охарактеризовать и спрогнозировать состояние дубрав.

Цель работы состояла в исследовании взаимосвязи между содержанием и динамикой пластических углеводов и воздействием на деревья неблагоприятных факторов (объедание насекомыми, засуха, засоленность почв).

В задачи работы входило проанализировать содержание ди- и моно- сахаров и крахмала в различные годы у деревьев, отличающихся по развитию крон, в двух контрастных по почвенным условиям местах произрастаниях.

Оба экотопа находятся на коренном берегу реки Хопер. Одно насаждение дуба черешчатого было приурочено к слабозасоленным солонцеватым солодам, другое – к серым лесным почвам. Объекты исследования являются интересным примером древостоев с краткогодовными циклами динамики продуктивности (5-15 лет). Причина цикличности – в основном изменчивость по годам доступности влаги (от засух до благоприятных лет) и повреждения листьев насекомыми (от 0% до 50%).

Исследования велись летом и осенью 2012 г. и 2013 года. Первый год был неблагоприятным – отмечено сильное повреждение растений минирующей молью в дубраве на слабозасоленной почве, и орехотворкой – в дубраве на серой лесной почве. Второй год был благоприятным, отмечено восстановление побеговой системы.

Состояние деревьев оценивалось по методике Каплиной и Селочник [3], в основе которой лежит классификация деревьев по типу развития крон.

Одна из методических задач – выбор тканей и органов для получения наиболее информативных данных. Во-первых, важно было оценить содержание и запасы различных фракций углеводов в тканях и органах дуба. Для этого в каждом насаждении в середине августа было исследовано по три модельных дерева разных типов развития (раскидистого типа, зонтиковидное, узкокронное). Максимальная концентрация углеводов обнаружена во флоэме, чуть ниже концентрация была в корнях и ветвях (103.6; 87.7; 86.9 мг/г сухого вещества), наименьшие значения концентрации, достоверно отличающиеся от этих величин при $n=12$, $P=0.05$ – во внутренней и внешней частях заболони (37.9 и 50.4 мг/г сухого вещества соответственно). Были подсчитаны запасы неструктурных углеводов в тканях и органах деревьев. Несмотря на высокое содержание углеводов во флоэме, их запасы в этой ткани в 2-3 раза меньше чем в заболони (не более 4 % от пула углеводов). Не менее 50% пластических углеводов сосредоточено в корнях и 10-30 % в ветвях. Во-вторых, необходимо было установить особенности сезонных колебаний NSC в органах и тканях дуба в лесостепной зоне. Оказалось, что наименьшие изменения концентрации NSC затрагивают заболонь, составляя от 18 до 60 мг NSC /1 г сухого вещества. Наиболее стабильным в этой ткани был пул крахмала, его величина не зависела от засухи и объедания насекомыми, изменяясь от 15 до 30 мг/ г вещества в деревьях с разным типом развития крон. Возможная причина стабильности состоит в больших размерах пула. Другое объяснение – недоступность крахмальных зерен заболони из-за закупорки проводящих сосудов, связанной с засухой и другими причинами [4].

Содержание сахаров в заболони было больше подвержено сезонным изменениям – от 0.5 мг/1г образца после засухи и объедания ксилофагами (октябрь 12 г) до 35 мг/1г образца в момент активной вегетации в августе следующего года.

Во флоэме размах колебаний концентрации углеводов был существенно больше, чем в заболони, концентрация изменялась от 20 мг/1г после засухи и объедания до 130 мг/1г вещества в момент активной вегетации, содержание крахмала – от 4 до 40 мг/1г, а сахаров – от 12 до 116 мг/1г сухого вещества.

Сезонные колебания фракций углеводов в ветвях соответствовали таковым во флоэме.

Основываясь на этих данных, можно утверждать, что наиболее представительную информацию можно получить при анализе ветвей, т.к., во-первых, в них сосредоточены большие запасы NSC, а, во-вторых, содержание фракций углеводов в этом органе в значительной степени подвержено влиянию неблагоприятных факторов. Немаловажно, что отбор образцов не причиняет вред дереву. Содержание углеводов в заболони, особенно пула крахмала, не всегда характеризует доступность его растению и иногда отражает условия развития прошлых сезонов.

Пулы фракций углеводов во флоэме обычно не исследуются, видимо, из-за небольшого запаса этой ткани относительно заболони. Динамичность изменений концентраций фракций NSC во флоэме говорит об их мобильности и вовлеченности в процессы транспорта и метаболизма. Содержание моносахаров, фракции, ответственной за поддержание метаболизма в растении, составляет во флоэме около 80% пула углеводов, что делает эту ткань особенно важной для растений. Содержание фракции моносахаров наиболее сильно зависело от воздействия неблагоприятных факторов и, очевидно, нуждается в контроле при мониторинге состояния дубрав.

Оказалось, что деревья с одинаковым типом развития крон, произрастающие в контрастных почвенных условиях, имеют примерно одинаковые концентрации NSC в заболони и флоэме и очень близкую сезонную динамику крахмала и сахаров. Последнее особенно заметно во флоэме, где амплитуда изменений наибольшая: содержание крахмала после засухи у деревьев с первым и вторым типом развития кроны было достаточно высоким (35-40 мг/100 г образца), а у деревьев с третьим типом развития кроны – в два раза ниже. В целом по общей динамике NSC заметна следующая тенденция, прослеживаемая в двух экотопах: к концу вегетационного периода (октябрь 2012 и 2013 годов) концентрация углеводов в лубе была тем меньше, чем хуже была развита крона дерева. После засухи и объедания насекомыми в октябре 12 года эта тенденция видна также в тканях заболони в экотопе на засоленных почвах.

Таким образом, концентрация NSC в тканях дуба черешчатого во многом определялась развитием крон деревьев, поэтому при выборе деревьев для оценки состояния насаждения необходимо руководствоваться не только их санитарным состоянием, но и степенью развития кроны и соотношением деревьев с разным типом крон в насаждении.

Сроки отбора образцов для прогнозирования состояния насаждений, при невозможности получения данных по динамике углеводов, на наш взгляд, должны совпадать с минимумом содержания углеводов в тканях и органах дуба. По нашим данным, этот момент наступает после воздействия неблагоприятного фактора (засухи, объедания ксилофагами).

Работа поддержана РФФИ (грант 12-04-01347).

Литература

1. Каплина Н.Ф., Селочник Н.Н. Морфология крон и состояние дуба черешчатого в средневозрастных насаждениях лесостепи // Лесоведение. 2009. № 3. С.32-42.
2. Царалунга В.В. Трагедия лесных дубрав// Лесной журнал МГУЛ. 2005. №6. С.23-30.
3. Fischer R., Lorenz M., Granke O., Mues V., Iost S., van Dobben H., Reinds G.J., de Vries W. Forest 2012.V32. P.764-775.
4. Condition in Europe. Technical Report of ICP. Hamburg: Forests Institute for World Forestry, 2010. 175 p.

ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОГО СОХРАНЕНИЯ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ АНТРОПОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ

Макеева В.М.¹, Смуров А.В.¹, Политов Д.В.², Белоконь М.М.², Белоконь Ю.С.², Сулова Е.Г.¹,
Радченко И.В.¹, Калинин А.А.³

¹МГУ имени М.В. Ломоносова, Музей землеведения, г. Москва; ²ИОГен РАН, г. Москва;

³ПФ "Верховье", г. Москва

vmmakeeva@yandex.ru

В эпоху глобальной антропогенной трансформации (урбанизации) зональных экосистем планеты сохранение биологических ресурсов во многом зависит от сохранения разнообразия (качества) генофонда популяций охраняемых и эксплуатируемых видов. Оно обеспечивает поддержание гомеостаза популяций и их адаптацию к меняющимся условиям среды и является важнейшей характеристикой экосистем.

Уменьшение разнообразия генофонда (чаще всего уменьшение гетерозиготности) связано с практически важными свойствами, такими как уменьшение жизнеспособности, плодовитости, уменьшение скорости роста, устойчивости к паразитам и патогенам [1].

Знание об изменении количественных параметров генофонда позволяет наметить стратегию его стабилизации и восстановления.

Эколого-генетический аспект сохранения биологических ресурсов (в том числе – лесных) состоит в поддержании «оптимального эволюционно сложившегося генетического разнообразия популяций как важнейшем условии благополучного существования популяции в нормально колеблющейся природной среде» [1]. Это возможно лишь при условии управления качеством генофонда популяций, наряду с использованием традиционной территориальной охраны. Эколого-генетическая методология сохранения биоразнообразия (концепция, стратегия, диагностика, генетические методы восстановления), разработанная авторами в рамках нового научно-практического направления - геноурбанонологии, обеспечивает неистощительное использование генетического ресурса антропогенных экосистем [2, 3, 4].

Эколого-генетический подход был успешно использован для исследований и восстановления генетического разнообразия ряда модельных видов животных и растений, обитающих на особо охраняемых территориях города Москвы, выявил наличие значительного процесса сокращения генетического разнообразия в исследованных популяциях [2].

Изучение генофонда популяций растений из Подмосковья (на примере ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) проведено в 2012 году. Изучено состояние генофонда и степень пораженности короедом-типографом (*Ips typographus* (L.)), четырех популяций ели в двух районах Подмосковья: Одинцовском (городской округ Звенигород) и Раменском (Городское поселение Кратово). В каждом районе обследовано по одной условно коренной эталонной популяции естественного происхождения, разновозрастной, с подлеском, возрастом 100-170 лет, степень пораженности короедом 0%.

В Кратово также обследованы трансформированные елово-сосновые лесопосадки возрастом более 90 лет, находящиеся на расстоянии 5 км от эталонной популяции. Поражение типографом ели не менее 90%. В Звенигороде - короткопроизводные еловые и осиново-березово-еловые леса возрастом 70-90 лет, на расстоянии 760 метров, поражение типографом не более 15-20%.

Из каждой популяции обследовано по 37 деревьев по 13 ферментным системам, контролируемым 24 генетическими локусами.

Методика оценки состояния генофонда заключается в сравнении генетических параметров изменчивости антропогенно измененных популяций с эталонными природными популяциями [2].

Установлено, что условно коренные популяции из двух районов Московской области не отличаются между собой по совокупности частот аллелей и степени гетерозиготности. Выявленные генетические показатели близки к показателям природных популяций Центрального региона Восточно-Европейской части лесной зоны [5]. Хи-квадрат тест на гетерогенность аллельных частот показал достоверное отличие пораженной короедом популяции в Кратово от коренной как по совокупности всех локусов, так по трем локусам (*Fe-2*, *Idh-1*, *Mdh-3*). В Звенигороде незначительно пораженная короедом популяция достоверно отличается от коренной по двум локусам (*Gdh*, *Idh-1*).

Необходимо отметить что в пораженных популяциях значения внутривидового коэффициента инбридинга значительно выше чем в здоровых популяциях: в два раза выше в лесопосадках (0.087) и короткопроизводной популяции (0.100) по сравнению с соответствующими условно-коренными популяциями (0.040 и 0.050). Хи-квадрат тест показал значительное отклонение от равновесия Харди – Вайнберга, связанное с дефицитом гетерозигот: для лесопосадки в Кратово - 3 случая, для короткопроизводной популяции - 5 случаев, по сравнению с 2 значимыми случаями отклонений в каждой из двух коренных популяций. Значительные коэффициенты инбридинга выявлены по локусу *Idh-1* в обеих не коренных популяциях в (0.533 и 0.357), что указывает на его предполагаемое адаптивное значение.

Таким образом, можно считать, что антропогенно измененный генотипический состав вторичных лесов, особенно в его крайней форме - искусственных лесопосадках, может оказать негативное воздействие на жизнеспособность деревьев и их высокую восприимчивость к паразитам и патогенам.

Результаты исследования показали, что условно коренные популяции ели более устойчивы к поражению короедом, по сравнению с лесопосадками и короткопроизводными лесами. Однако, это несомненно связано не только с выявленными различиями в состоянии их генофонда, но и с сохранением высокого видового разнообразия, разновозрастности и других показателей естественной структурированности природных лесов. Формирование жизнеспособных лесокультур и реставрация нарушенных деятельностью человека популяций растений в урбанизированных ландшафтах должно производиться с учетом состояния генотипов используемого для этих целей посадочного материала [6].

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующее заключение: современная стратегия управления лесами должна быть ориентирована, на сохранение «оптимального» генетического разнообразия популяций, характерного для данной природной зоны,

наряду с сохранением максимального видового богатства, разновозрастности и других характеристик естественных лесов, определяющих пространственную сопряженность между всеми факторами системной организации природного комплекса.

Литература

1. Алтухов Ю.П. Генетические процессы в популяциях: Учебное пособие. 3-е издание, переработанное и доп. М.: ИКЦ Академкнига. 2003. 431 с.
2. Макеева В.М., Белоконь М.М., Смуров А.В. Эколого-генетический подход к охране животных антропогенных экосистем. М.: Изд-во МГУ. 2011. 160 с.
3. Макеева В.М., Белоконь М.М., Смуров А.В. Геноурбаноология как основа устойчивого сохранения биоразнообразия и экосистем в условиях глобальной урбанизации. Успехи современной биологии. Т.133. № 1. С. 19-34.
4. Makeeva V., M., Belokon M., Smurov A.V. Genourbanology as the basis for stable biodiversity and ecosystem conservation under global urbanization. Biology Bulletin Reviews. 2013. V. 3. № 4. P. 261-273.
5. Krutovskii, K. V.; Bergmann, F. Introgressive hybridization and phylogenetic relationships between Norway, *Picea abies* (L) Karst, and Siberian, *Picea obovata* Ledeb, spruce species studied by isozyme loci. Heredity. 1995. 74. P. 464-480.
6. Белоконь Ю.С., Гордеева Н.В., Гордон Н.Ю., Белоконь М.М., Политов Д.В. Применение ДНК-маркеров для паспортизации лесных семенных плантаций и сертификации семян. Лесохозяйственная информация. 2008. № 3-4. С. 24-27.

СОЗДАНИЕ АТЛАСА ЭТАЛОННЫХ СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВРЕЖДЕННЫХ УЧАСТКОВ ЛЕСА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Малахова Е.Г.

ФБУ Рослесозащита, г. Пушкино
katyarlz@yandex.ru

В последнее время в России происходит масштабное усыхание лесов. Астрономические площади выгоревших насаждений, ветровалы на Европейской части России, глобальное повреждение ельников Центральной России короедом-типографом и пихтарников Сибири уссурийским полиграфом [1]. Эти и другие явления требуют скорейшей модернизации системы лесопользования, в том числе и лесопатологического мониторинга. Оперативность, достоверность, широкий охват площади наблюдений, минимизация трудовых и экономических затрат – задачи, которые с успехом позволяет решить использование метода дистанционных наблюдений. Дистанционный мониторинг в лесном хозяйстве – одно из самых динамично развивающихся направлений [2]. Дистанционный лесопатологический мониторинг (ДЛПМ) выполняет ряд важных функций: выявление опасных отклонений в санитарном состоянии насаждений; фиксация местоположения и определение площади повреждения; предварительная оценка и определение негативных факторов (пожар, ураганные ветры, вырубка леса и пр.) [3]. Основным способом проведения ДЛПМ является визуальное, ручное, экспертное дешифрирование. Работа со спутниковыми снимками связана с регулярным накоплением практического опыта и тематических знаний со стороны лесопатолога-дешифровщика.

Часто меняющиеся модели спутников, качество и количество космической съемки, а также разнородный характер повреждений насаждений, климатических зон, условий местопроизрастания, постоянное обновление кадрового состава в специализированных отделах учреждений и институтов создают необходимость сбора, анализа и систематизации получаемой информации. Для решения проблемы создан атлас эталонных спутниковых изображений поврежденных участков леса. Он сейчас активно пополняется материалами в ФБУ "Рослесозащита".

При составлении атласа каждая страница содержит информацию об отдельном объекте дешифрирования. Приводится разновременный ряд спутниковых изображений с указанием модели спутника, разрешения снимков, используемых каналов и их сочетания, даты съемки; дается таксационное описание участка местности (выдела), его координаты, фотографии, средние показатели санитарного состояния отдельной породы (насаждения), предполагаемая причина повреждения и установленная наземно, краткая справка о вредителях и болезнях из справочной литературы. Эталонные изображения группируются по субъектам РФ.

Атлас планируется применять в качестве справочной, методической и учебной литературы для специалистов лесопатологов-дешифровщиков в ФБУ "Рослесозащита". В дальнейшем с учетом его доработки и обновлений как учебное пособие в лесных ВУЗах страны.

Литература

1. Обзор санитарного и лесопатологического состояния лесов на землях лесного фонда Российской Федерации за 2012 год. ФБУ "Рослесозащита". Пушкино: 2013. 251 с.
2. Разнообразие и динамика лесных экосистем. В 2 кн. Кн. 1/ Под ред. А.С. Исаева. М.: КМК, 2012. 461 с.
3. Руководство по планированию, организации и ведению лесопатологических обследований. Приложение 3 к приказу Рослесхоза от 29.12.2007. № 523. М.: 2007. 16 с.

ИЗУЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НАРУШЕНИЯ ЛЕСНОГО ПОКРОВА СЕВЕРНОГО СКЛОНА БОЛЬШОГО КАВКАЗА НА ОСНОВЕ КОСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Мамедалиева В.М., Сулейманова Е.Д., Хасаева С.Г.

Министерством оборонной промышленности в Азербайджане НАКА Институт Экологии
subure@rambler.ru

Экологические нарушения, вызываемые химическим загрязнением, проявляются в деградации экологических систем, сокращении численности и видового разнообразия. Одним из видов химического загрязнения является загрязнение тяжелыми металлами. Важную роль круговороте тяжелых металлов и остальных микроэлементов играют почвы. Они представляют собой гетерогенные смеси разных органических и органоминеральных составляющих глинистых минералов, оксидов железа (Fe), алюминия (Al) и марганца (Mn) и других твердых частиц, а также различных растворимых соединений. Вследствие разнообразия типов почв, их окислительно-восстановительных условий и реакционной способности, механизмы и способы связывания тяжелых металлов в почвах разнообразны [1]. На поглощение микроэлементов почвами при техногенном загрязнении оказывают влияние механический состав, реакция, содержание гумуса и карбонатов, емкость поглощения и условия водного режима. Микроэлементы, в том числе тяжелые металлы, в почвах содержатся в различных формах в кристаллической решетке минералов в виде изоморфной подмеси, в солевой и окисной форме, в составе разных органических веществ, в ионообменном состоянии и в растворимой форме в почвенном растворе. На поведение микроэлементов в почвах влияют окислительно-восстановительные условия, реакции среды, растений и животных, снижении продуктивности лесов и сельскохозяйственных угодий [2]. Следствием антропогенного загрязнения является изменение химического состава атмосферы и гидросферы, почвы биологических сообществ в связи с изменением условий среды обитания [3].

В условиях промышленного загрязнения воздуха древесным листопадным видам присуще сокращение срока жизни листьев и ускорение цикла сезонного развития. Растения в большинстве случаев снижают продуктивность. У древесных растений это может выражаться в снижении прироста, уменьшении пыльца, ухудшении ее свойств, а также в снижении плодоношения и качества семян. Тормозятся ростовые процессы, значительно изменяется развитие растений: сдвигается цветение, сокращается вегетационный период, происходит преждевременный листопад, изменение других фаз. Так, загрязнение воздуха этиленом, ацетоном, метаном обуславливало у многих древесных растений смещение фаз, особенно в осенний период, и вызывало более раннее одревеснение побегов [4].

В настоящей статье рассмотрены экологические нарушения, вызываемые химическим загрязнением. Проявляются в деградации экологических систем, сокращении численности и видового разнообразия растений снижении источниками химического загрязнения являются промышленные выбросы в атмосферу ядовитых веществ, твердые отходы различных отраслей промышленности продуктивности лесов [5]. Химическое загрязнение создает угрозы состоянию окружающей среды [6]. Использование обзорных космических снимков позволило получить общую картину антропогенной нарушенности горных лесов. Изучение современного состояния лесной растительности экспериментального участка по увеличенному космическому снимку дало возможность проследить влияние микроэлементов на лесной покров. Результаты интерпретации космических снимков выявлено основные виды воздействия микроэлементов на леса. Соломисто-желтая окраска листьев, усыхании верхушек ветвей, отрастание боковых побегов, неравномерный рост листовых пластинок, листья сморщенные, карликовость растений [7].

Для проведения исследований были использованы космические снимки, выполненные в 2012 г. КС увеличены до масштаба 1:500000. Снизу, к высокогорному поясу примыкает пояс сильно нарушенных низко- и среднегорных лесов.

Загрязнение окружающей среды один из антропогенного воздействия на природу в условиях научно-технического прогресса стремительное развитие энергетики, промышленности, особенно химического и добывающей, транспорта, интенсификация сельского и лесного хозяйства стали оказывать на природу, и прежде всего на биосферу, воздействие, которое приняло глобальный

характер. Встречающиеся в природе химического соединения, многие из которых не поддаются биологическому разрушению. Масштабы загрязнения окружающей среды столь велики, что естественные процессы самоочищения природной среды в ряде районов мира не в состоянии нейтрализовать вредные последствия хозяйственной деятельности человека. Нарушение экологического равновесия проявляется в сокращении численности и видового разнообразия растений и животных, деградации природы [8].

Превышение содержания химических веществ над естественным уровнем или появление новых химических соединений в результате техногенного воздействия на биосферу, вызывающее изменение естественных химических свойств среды. Источниками химического загрязнения являются промышленные выбросы в атмосферу ядовитых веществ, твердые отходы различных отраслей промышленности, неочищенные сточные воды промышленных коммунальных предприятий, пестициды и агрохимикаты используемые в растениеводстве и т.п. Химическое загрязнение создает угрозы состоянию окружающей среды [9].

Леса как важнейшее звено природных биогеохимических циклов в которых большинство промышленных загрязнителей обезвреживаются, нуждаются в благоприятных условиях роста. Необходимо не только подбирать высокоустойчивые лесобразующие виды с максимально выраженными газо-и пыле-аккумулирующими свойствами, но и ограждать лесные сообщества от рекреационных перегрузок. Актуально лесоразведение при рекультивации земель промышленных отвалов, карьеров и т. прочие, являющихся источником загрязнения.

Литература

1. *Война А.И.* Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека – М. Высшая школа, 1960. 544с.
2. *Кабата-Пендиас А.* Микроэлементы в почвах и растениях. М.Мир, 1989. – 439с
3. *Школьник М.Я.* Микроэлементы в жизни растений. – Л.Наука, 1980– 278с
4. *Бессонова В.П.* Морфо функциональные исследования растений в условиях загрязнения среды тяжелыми металлами. автореф. дис. д-ра биол наук
5. *Бессонова В.П.* "Экология". Днепропетровск, 1991.-36с
6. *М.А. Голубец Д.В. Борсук, М.В. Гаврилюк и др. под ред. М.А. Голубца.* Биогеоэкологический покров Бескид и его динамические тенденции. Киев Наук думка, 1983. – 240с.
8. *Ильин В.Б.* Элементный химический состав растений. Новосибирск, наука, 1985.129 с.
9. *Ильин В.Б.* Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск Наука, 1991.151 с.

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗА СОСТОЯНИЯ ДУБРАВ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ (НА ПРИМЕРЕ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА)

Мучник Е.Э., Каплина Н.Ф., Кулакова Н.Ю., Селочник Н.Н., Ермолова Л.С.
ИЛАН РАН, п/о Успенское
eugenia@lichenfield.com

Городские леса на 40-50% снижают влияние негативных факторов, воздействующих на жителей города. Дубравы в Московском регионе более редки, чем насаждения с доминированием других пород, но очень перспективны для выращивания. Обоснованная оценка и прогнозирование состояния дубрав весьма актуальны.

Комплексное обследование проводилось в 2012–2014 гг. на 5 модельных объектах, 4 из них в черте г. Москва (природно-исторический парк Измайлово, насаждения с доминированием дуба в Серебряноборском лесничестве ИЛАН РАН; парки Дубки и Воронцовский), 1 – контрольный (в Пушкинском р-не Московской обл.). Каждый модельный объект включал, минимум, два участка с разной степенью антропогенного воздействия.

На основе полученных результатов разработана методика оценки и прогноза состояния дубрав в Московском регионе по совокупности оценок следующих компонентов: деревья и древостой дуба среднего и старшего онтогенетического состояния; остальные виды древесного, кустарникового ярусов и травяной покров; почва; мико- и лишенобиота.

Оценку и прогноз текущего состояния дуба черешчатого в неблагоприятных экологических условиях рекомендуется проводить по признакам восстановления кроны после повреждений. Для оценки и прогноза долговременного состояния дубрав рекомендуется оригинальная классификация развития крон дуба черешчатого [1]. Наиболее надежные показатели устойчивости древостоя дуба – число раскидистых деревьев и состояние их крон. Шкала категорий состояния (на 10-летие) дубовых древостоев в неблагоприятных экологических условиях (при условии удовлетворительной облиственности) следующая: 1 – лучшее, доля числа раскидистых деревьев (P) >70 -100 %; 2 –

хорошее, $P > 50 - 70 \%$; 3 – удовлетворительное, $P > 30 - 50 \%$; 4 – неудовлетворительное, $P > 10 - 30 \%$; 5 – критическое, $P < 10 \%$.

Для определения фитосанитарного состояния древостоя и уточнения прогноза необходимы микологические исследования. В парках достаточен однократный учет грибов-макромицетов всех экологических групп, в лесах и лесопарках – двукратный учет (летний и осенний). На основе количественных данных о поражении грибами деревьев дуба и наличии/отсутствии экологических групп (ЭГ) грибов-макромицетов в сообществе выделены следующие категории состояния:

1 – На деревьях дуба плодовых тел грибов нет. В сообществе полный спектр ЭГ: ксилотрофы, гумусовые и подстилочные сапротрофы, микоризообразователи.

2 – Грибы-биотрофы на дубах в количестве 1-2 шт. плодовых тел, ксилотрофы – также единично. В спектре ЭГ отсутствуют микоризообразователи.

3 – Биотрофы на дубах до 10 шт., ксилотрофы 5-7 шт. Отсутствуют микоризообразователи и гумусовые сапротрофы, из подстилочных сапротрофов только широко распространенные виды. Иногда отмечается индикатор антропогенного влияния *Bjerkandera adusta*.

4 – Биотрофы до 10 шт., ксилотрофы до 10 шт. на дереве. Других ЭГ нет или подстилочные сапротрофы единично. Может присутствовать *Bjerkandera adusta*.

5 – Биотрофы более 10 шт., ксилотрофы более 10 шт. на дереве. Грибов из других ЭГ нет. Присутствует *Bjerkandera adusta*.

В тех случаях, когда по состоянию микобиоты насаждение попадает в категорию 4 или 3, но доля числа раскидистых деревьев в нем превышает 30 %, категория состояния может быть повышена и долговременный прогноз улучшен.

Показателем трансформированности растительного покрова служит шкала процентного состава наиболее характерного для дубняков Московского региона комплекса «лесных» эколого-ценотических групп (ЭЦГ): суммы неморальных и бореальных видов, соотношение которых в дубняках региона достаточно стабильно. Для определения принадлежности видов к ЭЦГ использовалась База данных «Флора сосудистых растений Центральной России» [2]. По доле участия в фитоценозе лесного комплекса видов выделено 5 категорий нарушенности растительного покрова: 1 – не нарушенный, лесные виды составляют 81-100%; 2 – мало нарушенный, 61-80%; 3 – средней нарушенности, 41-60%; 4 – сильно нарушенный, 21-40%; 5 – нарушенность критическая <20%.

Для оценки загрязнения экотопов необходим учет интенсивности поступления поллютантов и степень загрязнения почв. В образцах снега, отобранных на пробных площадях, определяли общую минерализацию; концентрацию кальция, натрия, хлоридов, сульфатов; свинца и цинка. В почвенных пробах определяли содержание свинца, цинка и значения pH водной суспензии. Анализ сочетаний полученных показателей позволил предложить разделение участков по поступлению на поверхность почвы поллютантов и уровню загрязнения почв следующим образом:

1 (фоновые показатели) – суммарное поступление Zn и Pb <1,00 мг/м² в мес.; поступление Na <100 мг/м² в мес.; поступление хлоридов <300 мг/м² в мес.; концентрации Zn <54 мг/кг почвы; концентрация Pb <14 мг/кг почвы; значения pH гумусового горизонта <6,1.

2 (показатели, близкие к фоновым) – поступление Zn и Pb 1,00-1,99 мг/м² в мес.; Na <100 мг/м² в мес.; хлоридов <300 мг/м² в мес.; концентрации Zn <54 мг/кг почвы; концентрация Pb 14 < мг/кг почвы; значения pH гумусового горизонта <6,1.

3 – поступление Zn и Pb 1,00-1,99 мг/м² в мес.; Na <100 мг/м² в мес.; хлоридов <300 мг/м² в мес.; концентрации Zn 55-99 мг/кг почвы; концентрация Pb 15-29 мг/кг почвы; значения pH гумусового горизонта >6,1.

4 – поступление Zn и Pb 1,00-1,99 мг/м² в мес.; Na >100 мг/м² в мес.; хлоридов >300 мг/м² в мес.; концентрация Zn 55-99 мг/кг почвы; концентрация Pb 15-29 мг/кг почвы; значения pH гумусового горизонта >6,1.

5 – поступление Zn и Pb >2,00 мг/м² в мес.; Na >100 мг/м² в мес.; хлоридов >300 мг/м² в мес.; концентрации Zn >100 мг/кг почвы; концентрация Pb >30 мг/кг почвы; значения pH гумусового горизонта >6,1.

С показателями загрязнения почв коррелируют показатели лишенобиоты, как общее разнообразие, так и спектры экоморф (ЭБМ), эколого-субстратных групп (ЭСГ) и соотношение ацидофитных и нитрофитных видов в эпифитном лишенопокрове (ЭЛП) стволов дуба. Последние три показателя выбраны для ранжирования категорий состояния лишенобиоты:

1 – спектр ЭБМ: кустистые и/или чешуйчато-кустистые, листоватые и накипные; спектр ЭСГ: эпифиты, эпифито-эпиксилы, эпиксилы и эврисубстратные; в ЭЛП дуба преобладают ацидофиты.

2 – спектр ЭБМ: листоватые и накипные; в спектре ЭСГ отсутствуют эпиксилы, в ЭЛП дуба ацидофитов не менее 50%.

3 – спектр ЭБМ: листоватые и накипные; спектр ЭСГ: эпифито-эпиксилы и эврисубстратные, в ЭЛП дуба ацидофитов не менее 25 %.

4 – спектр ЭБМ: листоватые и накипные; спектр ЭСГ: только эврисубстратные; в ЭЛП дуба только нитрофиты.

5 – спектр ЭБМ: только накипные; спектр ЭСГ: только эврисубстратные; в ЭЛП дуба лишайники отсутствуют или единичные нитрофиты.

Таким образом, каждый модельный объект может быть оценен по состоянию различных компонентов и получить определенный набор категорий, который может служить основой для сравнения объектов между собой, а также для долговременного мониторинга.

Работа поддержана грантом Программы Президиума РАН «Биологические ресурсы России», РФФИ (грант 12-04-01347) и Программы Президента РФ для государственной поддержки ведущей научной школы НШ-2807.2012.4.

Литература

1. Каплина, Н.Ф., Селочник Н.Н. Морфология крон и состояние дуба черешчатого в средневозрастных насаждениях лесостепи // Лесоведение. 2009. № 3. С. 32–42.

2. Ханина Л.Г., Заугольнова Л.Б., Смирнова О.В., Шовкун М.М., Глухова Е.М. База данных «Флора сосудистых растений Центральной России» [Электронный ресурс] / Объединенный центр вычислительной биологии и биоинформатики. Электр. дан. Пущино: ИМПБ РАН, 2001-2007. Режим доступа: <http://jcb.ru/ecol/index.shtml>, свободный.

ОЦЕНКА СТРУКТУРНОЙ ДЕГРАДАЦИИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ МАРКОВСКОЙ МОДЕЛИ СУКЦЕССИИ

Немчинова А.В.

КГУ им. Н.А. Некрасова, г. Кострома

nemanvic@rambler.ru

Термин "деградация" лесов употребляется в научной и природоохранной литературе в контексте сокращения любых ценностей лесов, их количественных и/или качественных показателей в разных масштабах рассмотрения. Чаще всего обсуждаются вопросы деградации лесных участков – проблемы сведения, усыхания лесов, реже рассматривается снижение продуктивности и углеродного баланса, а также снижение жизнестойкости, прироста, повреждения и гибели отдельных деревьев. Соответственно разнопредметному пониманию деградационных процессов в лесах применяются различные методы их оценки.

С позиций популяционной парадигмы климаксовое сообщество рассматривается как «множество мозаик популяций ключевых видов и связанных с ними мозаик популяций подчиненных видов», которое поддерживается за счет максимального структурного разнообразия сообщества» [1]. Поэтому каждый из вариантов пространственной структуры лесных сообществ, восстанавливаемых после рубок, гарей и ветровалов демонстрирует определенную степень их структурной деградации относительно климаксового сообщества, принимаемого за эталон. Деградировала ли экосистема после сплошной вырубке с точки зрения популяционной парадигмы – вопрос нетривиальный, поскольку возможность и исход восстановления популяций всех ее участников, зафиксированных до начала воздействия, даже при спонтанном развитии, зависит от множества факторов. Можно предположить, что если текущая структура лесной экосистемы – уже результат серии последовательных нарушений, после каждого из которых она не успевала восстановиться хотя бы до изначального состояния, и на протяжении долгого времени теряла участников, снижая уровень биоразнообразия, скорее всего, шансы на восстановление исходной структуры будут снижаться, и только в таком случае можно говорить о деградации экосистемы, или о необратимой дигрессии в выбранной системе отчета. Известно, что восстановление нарушенных лесных экосистем на разных участках может быть неодновременным, а в случае аллогенной сукцессии – неоднаправленным [9]. Оценка структурной деградации лесов, с учетом выше сказанного, должна описываться прогностической вероятностной моделью динамики лесной экосистемы, свойства и интерпретация результатов которой задаются заданным исходным состоянием, а также определенными временными и пространственными рамками.

В литературе изложены основные подходы к оценке сукцессии – процесса спонтанного восстановления потоков поколений в популяциях всех потенциальных членов экосистемы до конечной стадии – климакса [1, 5, 6]. Описаны признаки последовательных стадий сукцессии после экзогенных нарушений [1, 4]. Указывается, что климаксовые сообщества флуктуируя вокруг среднего характеризуются относительной стабильностью, в то время как серийные сообщества характеризуются направленными изменениями [8]. Рекомендуется сукцессионный статус

растительных сообществ определять по степени отклонения конкретного сообщества от квазиклиматического [5]. На основе моделирования естественного развития прогнозируются временные рамки восстановления квазиклиматического лесного ценоза, сопоставляемые со временем жизни двух-трех поколений поздне-сукцессионных видов [1].

Несовпадение прогнозов хода сукцессии с реальными наблюдениями – одна из проблем применимости марковского подхода к описанию сукцессионной динамики растительности, обсуждаемых в литературе [2]. Одна из причин – несопоставимость собственных времен формирования лесных экосистем [6] со временем проведения наблюдений. Неизбежная формализация наблюдений при классификации растительности для определения основных смен типов леса в качестве этапов сукцессии также вносит в прогностическую модель ошибку, степень которой неизмерима. При этом накопление данных о сменах типов лесной растительности крайне отстает от темпов ее антропогенной трансформации в бореальном поясе, способствующей многообразию сценариев восстановительных сукцессий, не укладывающихся в рамки моделей. В основе предлагаемой концептуальной схемы сукцессии, построенной методом марковских цепей, – не типы растительных сообществ, а состояния сформированности вертикальной структуры лесных сообществ и насыщенности их поздне-сукцессионными видами, к которым для подзоны южной тайги (на примере изучения спонтанной динамики растительного покрова заповедника «Кологривский лес» (Костромская область)) отнесено 7 видов. Ориентированный граф модели состоит из 32-х возможных стадий [3], время пребывания в которых определяется матрицей переходных вероятностей. Относительность оценки длительности сукцессионных ходов из любого состояния при данном подходе избавляет от необходимости экспертно устанавливать длительность стадий сукцессии в абсолютных единицах времени. Метод позволяет оценить степень структурной деградации текущего состояния лесного сообщества, как и обратно – степень его сходства с терминальным климаксовым состоянием лесной экосистемы, за эталон которого может быть принято современное состояние биоразнообразия заповедных лесов и малонарушенных лесных территорий.

Построение модельной сукцессии методом построения марковских цепей позволило рассчитать относительные длительности сукцессионных ходов из каждого состояния. Максимальное число шагов цепи (от стадии №1 – отсутствие древесной растительности до климаксовой №32) составило 19.5. Соотнесенные с этой величиной длительности других сукцессионных ходов прогнозируют не только их относительное время достижения климакса, но и текущую позицию экосистемы. Таким образом, длительность стадий модельной сукцессии, в том числе прогнозируемая, устанавливается не в абсолютных временных единицах (в годах, месяцах), пребывание на определенной стадии показывает «зрелость» сообщества, оцениваемую в единой временной шкале (по аналогии с онтогенетическими состояниями ценопопуляций), а также – степень деградации относительно терминальной стадии.

Рассчитанные длительности сукцессионных ходов (N) использованы для оценки степени деградации-восстановленности лесных экосистем любой размерности и абсолютного возраста в составе комплексного показателя – восстановительного потенциала сукцессивных экосистем (R), в формуле (1) которого также учтены – полидоминантность (число древесных пород последних стадий сукцессии в структуре) (E), насыщенность («упакованность») ярусов поздне-сукцессионными видами деревьев (S).

$$R = E \cdot S / N_{(1)}$$

По результатам расчета лесные сообщества заповедника "Кологривский лес" в Костромской области распределены по 3 категориям различной структурной деградации, характеризующимся различными диапазонами балловых значений восстановительного потенциала. Доля сообществ в категории высокая структурная деградация (восстановительный потенциал менее 326.7 баллов) на нарушенном вырубками участке (404 геоботанических описания) составила 95% от их общего числа на этом участке, в ядре заповедника (83 геоботанических описания) - 47%. Доля сообществ в категории средняя деградация (восстановительный потенциал от 326.7 до 653,4 баллов) на вырубленных участках - 5%, в ядре заповедника - 47%. Остальные сообщества с восстановительным потенциалом более 653.4 баллов наименее деградированы (в заповедном участке - 6%, на нарушенном - 0%).

Полученные данные позволяют в единой шкале оценивать лесные участки для разработки дифференцированного подхода при подборе различных сценариев хозяйствования.

Литература

1. Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. /Под ред. О.В. Смирновой. М.: Наука, 2004. Кн. 1. 479 с. Кн.2. 575 с.

2. Логофет Д.О. Марковские цепи как модели сукцессии: новые перспективы классической парадигмы // Лесоведение, № 2, 2010. Стр. 46–59.2.
3. Немчинова А.В. Формирование полидоминантности лесных экосистем как параметр марковской модели // Математика. Компьютер. Образование / Материалы научной конференции Научный центр прикладных исследований ОИЯИ (г. Дубна), 2013.
4. Смирнова О.В., Бобровский М.В., Ханина Л.Г. Оценка и прогноз сукцессионных процессов в лесных ценозах на основе демографических методов // Бюллетень московского общества испытателей природы, отд. биологии 2001 т. 106, вып. 5.
5. Смирнова О.В., Бобровский М.В. Ханина Л.Г., Смирнов В.Э. Биоразнообразие и сукцессионный статус старовозрастных темнохвойных лесов европейской России // Успехи современной биологии. 2006. Т. 126. N 1. С. 27-49.
6. Смирнова О.В., Торопова Н.А. Сукцессия и климакс как экосистемный процесс Успехи современной биологии, 2008 г т. 128 №2 с 129-144.
7. Стороженко В.Г. Грибные дереворазрушающие комплексы в генезисе еловых биогеоценозов. Автореф. дис. д.б.н. М., 1994. 43 с.
8. Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс, 1980. 196 с.
9. Stone L., Ezrati S. ChaosCycles and Spatiotemporal Dynamics in Plant Ecology // J. Ecology Vol. 84, No. 2 (Apr., 1996), pp. 279-291

ИЗМЕНЕНИЕ ВЫСОТ НАСАЖДЕНИЙ ГОРНЫХ ЛЕСОВ ЮЖНОЙ СИБИРИ ПРИ ПОТЕПЛЕНИИ КЛИМАТА В XXI ВЕКЕ

Парфенова Е.И., Чебакова Н.М.
ИЛ СО РАН, Красноярск
lyeti@ksc.krasn.ru

В последние десятилетия исследователи горных лесов отмечают продвижение верхней границы леса вверх по склону, увеличение апикального прироста деревьев [1, 2], что связывается с трендом повышения летних и зимних температур в регионе. Мы построили статические модели, связывающие высоты насаждений 1-го яруса с климатическими параметрами их местообитаний в трех лесорастительных областях гор Южной Сибири, отличающихся климатическими режимами. Найденные закономерности позволили оценить потенциальные изменения высот насаждений в регионе, связанные с изменением климата к концу текущего века по сценариям IPCC (www.ipcc-data.org).

Объекты и методы. Лесорастительные провинции гор Южной Сибири, насаждения из которых были включены в настоящий анализ, характеризовались следующими особенностями [3]: *Алтае-Саянская горная лесорастительная область*: Северная Алтайско-Саянская провинция, спектр ВПК представлен: подтаежным, черневым пихтово-кедровым, горно-таежным пихтовым и кедровым, подгольцово-субальпийским кедровым; основные лесообразующие породы: *Pinus sibirica*, *Abies sibirica*, *Betula pendula*, *Populus tremula*, лесистость - 75-80%, насаждения II-Y классов бонитета; *Восточнотувинско-Южнобайкальская горная лесорастительная область*: Селенгинская провинция, спектр ВПК представлен: подтаежно-лесостепным сосновых лесов, горно-таежным лиственнично-сосновых лесов; основные лесообразующие породы: *Larix sibirica*, *Pinus sylvestris*, лесистость - 35%, насаждения III-IV классов бонитета; *Прибайкальская горная лесорастительная область*: Восточноприбайкальская провинция, спектр ВПК представлен: подтаежно-лесостепным сосновых и лиственничных лесов, горно-таежным пихтово-кедровым, горно-таежным лиственничных лесов, основные лесообразующие породы: *Pinus sibirica*, *Larix sibirica*, *Pinus sylvestris*, *Abies sibirica*, *Betula pendula*, лесистость - 60%, насаждения III-IV классов бонитета.

Климатические субмодели. Для каждого пробного профиля были построены климатические субмодели, связывающие расчетные климатические индексы выделов с их топографическими параметрами - абсолютной высотой, экспозицией и крутизной склонов. В качестве основы расчета была использована климатическая информация метеостанций, наиболее близко расположенных к выбранным профилям: для Западно-Саянского - 15 станций, для Улан-Бургасского – 10 станций. Для построения климатических субмоделей была создана база данных (БД) «Климат гор Южной Сибири». Исходные поля: название метеостанции, широта, долгота, абсолютная высота, температура и влажность воздуха, облачность, годовые осадки. Расчетные поля: годовой радиационный баланс, суммы температур выше 5 С, суммы температур ниже 0 С, годовая амплитуда температуры воздуха, индекс сухости Будыко, суммы градусо-дней за период с температурой выше 5 С и другие.

Характеристики насаждений. В работе использованы данные лесоустроительных материалов горных лесов I разряда лесостроительства 1972 и 1983 гг. по двум горным профилям, один

из которых (Западно-Саянский) принадлежат к Алтае-Саянской лесорастительной области, а второй (Улан-Бургасский) находится на стыке Прибайкальской и Восточнотувинско-Южнозбайкальской лесорастительных областей, отличающихся по характеру увлажнения и лесотипологическому спектру. По лесоустроительным данным были созданы соответствующие базы данных (БД): «Западный Саян» (1150 записей) и «Улан-Бургасы» (900 записей), использовались следующие характеристики спелых насаждений (выше 160 лет): состав, бонитет, запас, высота и группа типов леса. Насаждения достаточно полно представляют разнообразие горных лесов Южной Сибири по мере продвижения с запада (Алтай) на восток (Забайкалье): темнохвойные леса во влажных провинциях, характеризующихся индексом сухости менее 1.0, замещаются светлохвойными лесами в более сухих провинциях, выходящих на границу со степями, характеризующихся индексом сухости 1.5-1.9.

Результаты. В результате сопряженного анализа таксационных показателей выделов базы данных коренных насаждений гор Южной Сибири и расчетных климатических параметров их местообитаний получена биоклиматическая модель, связывающая среднюю высоту 1-го яруса насаждений и теплообеспеченность выдела, которая характеризовалась суммой градусо-дней выше 5 °С. Фактор влагообеспеченности учитывался через годовой индекс увлажнения (отношение суммы градусо-дней выше 5 °С к годовому количеству осадков), лимитирующий произрастание древесной растительности при значениях > 3.5.

Коэффициенты детерминации (R^2) между высотой древостоев и климатическими показателями как на отдельных профилях, так для объединенной выборки изменяются от 0.17 до 0.66. Для сравнения укажем, что величины полученных коэффициентов детерминации сравнимы с таковыми для других географических регионов. Например, для насаждений равнинной и плоскогорной части Средней Сибири [4]. В провинции Альберта (Канада) Монсеруд и др. (2006) [5] нашли, что термические показатели объясняют 28% вариации индекса местообитания (средней высоты в 50 лет) сосны скрученной.

Зависимости высот от тепла и увлажнения показывают, что рост древостоев зависит в основном от условий теплообеспеченности, и средняя высота 20-25 м формируется при суммах тепла 1200-1600 °С. Условия увлажнения не оказывают такого очевидного влияния, поскольку по определению лес растет в условиях достаточного увлажнения. Тем не менее, при неограниченном увлажнении разброс значений высот вокруг средней существенно больше, чем при уменьшении увлажнения, что говорит о лимитирующем влиянии увлажнения.

По регрессионному уравнению было смоделировано распределение средних высот I яруса древостоев основных лесобразующих хвойных (*Pinussibirica*, *Abiessibirica*, *Larix sibirica*, *Pinus sylvestris*) гор Южной Сибири, в зависимости от теплообеспеченности местообитаний в рамках контуров произрастания древесной растительности (годовой индекс увлажнения <3.5) в современном климате и к концу XXI века под влиянием изменения климата, прогнозируемого по сценариям Хадли Центра HadCM3 A2 и B1 для 2080.

Сравнение нашей карты модельных высот с картой «Высоты лесов Мира» с пространственным разрешением 1 км, полученной НАСА на основании анализа 2.5 млн. лидарных измерений, поверенных наземными обследованиями [6] показало удовлетворительное совпадение ($k = 0.42$).

Анализ изменений средних высот насаждений к концу XXI века показал, что наибольшее увеличение высот до 40 м прогнозируются во влажной темнохвойной и черневой тайге. Эти продуктивные леса будут занимать 10% и 25% по B1 и A2 сценариям соответственно. Уменьшение высот древостоев отмечается в низкогорной светлохвойной тайге, граничащей с засушливой тувинской и монгольской степью. Площади лесов с высотами 10-20 м уменьшатся в 2 и 4 раза соответственно указанным сценариям.

Литература

1. *Истомов С.В.*. Современная динамика верхней границы леса в горах Западного Саяна// Горные экосистемы Южной Сибири: изучение, охрана, рациональное природопользование. Труды Тигирекского заповедника. Барнаул, 2005 с. 211-214.
2. *Коротков И.А.* Лесорастительное районирование России и республик бывшего СССР. В кн.: Углерод в экосистемах лесов и болот России. Под ред. Алексеева В.А. и Бердси Р.А. С. 29-48. Красноярск. Изд-во ВЦ СО РАН 1994.
4. *Парфенова ЕИ, Чебакова Н.М.* Биоклиматическая модель высот насаждений Средней Сибири// Всероссийская конференция (памяти выдающихся ученых-лесоводов В.И. Сухих и Г.Н. Коровина) «Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении и лесном хозяйстве», 22-24 апреля 2013 года, г. Москва, ЦЭПЛ. 2013. с. 305-307.

5. Kharuk, V.I., Dvinskaya, M.L., Im, S.T., and Ranson, K.J. The Potential Impact of CO₂ and Air Temperature Increases on Krummholz Transformation into Arborescent Form in the Southern Siberian Mountains. *Arctic, Antarctic and Alpine research* 43 (4), 2011. P. 593-600.
5. Monserud, R.A., S. Huang, and Y. Yang. Predicting lodgepole pine site index from climatic parameters in Alberta. *For. Chron.* 82(4), 2006. P.562-571
6. Simard, M., Pinto, N., Fisher, J., Baccini, A., Mapping forest canopy height globally with spaceborne lidar, *Journal of Geophysical Research*, VOL. 116, G04021, 12 PP., 2011, doi:10.1029/2011JG001708

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ КАРАНТИННЫХ ЭПИФИТОТИЙ ДЛЯ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ РФ НА ПРИМЕРЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ «ВИЛТ ХВОЙНЫХ ПОРОД»

Перевертин К.А.¹, Кулинич О.А.^{1,2}

¹Центр паразитологии ПЭЭ РАН, г. Москва; ²ФГБУ «ВНИИКР», пос. Быково
perevertink@mail.ru

Реальные системы эффективного устойчивого управления не могут быть достаточно адекватными без учета возможных значимых возмущений. Особого внимания среди последних заслуживают факторы относящиеся к области защиты и карантина растений. В настоящее время в список карантинных объектов, отсутствующих на территории РФ и представляющих существенную угрозу для ее лесонасаждений, включены: сосновая стволовая нематода *Bursaphelenchus xylophilus*, азиатский усач *Anoplophora glabripennis*, коричневый пятнистый ожог хвои сосны *Mycosphaerelladearnessii*, рак стеблей сосны *Atropellis spp.* и др.

Наиболее вероятными растениями-хозяевами могут стать *Pinus sylvestris*, *P. koraiensis*, *P. sibirica*, *Larix sibirica*, являющиеся основными лесообразующими породами на территории РФ. Сосновая стволовая нематода *Bursaphelenchus xylophilus*, имеющая, в общем-то, фоновую вредоносность на исторической родине – в Северной Америке, становится настоящим бедствием при интродукции (заносе) на другие континенты, как показал печальный опыт Японии, Китая, ряда европейских стран.

Нами построена экономико-математическая модель оценки возможных последствий заноса на территорию РФ данного карантинного вредного организма. Важную роль для акклиматизации играет расположение лесов южнее 20-й июльской изотермы (регионы в июльском изотермическом диапазоне 16-20 С – потенциально пригодны), а также широкая распространённость в РФ потенциальных переносчиков нематоды – жуков рода *Monochamus*.

Оценка необходимости и эффективности карантина (поддержание изоляции системы от возмущений) базируется на неравенстве: $HP \cdot \text{Sum}_{ET} \leq \text{Sum}_{R(1)}$, где HP – необходимый уровень рентабельности, выраженный коэффициентом (например, если необходимый уровень рентабельности 30%, то коэффициент равен 1.3, если 200%, то 3,0), Sum_{ET} – сумма затрат на проведение карантинных мероприятий, руб.

Упрощённая оценка прямых потерь R (руб.) проведена с учётом прямой зависимости от $C \cdot Z \cdot S \cdot K_{cu}$, где C – цена отпуска древесины на корню, руб./м³; Z – средний запас древесины, м³/га; S – площадь лесов под потенциально поражаемыми хвойными, га; K_{cu} – коэффициент, соответствующий доле поражения площадей согласно принимаемому «сценарию» развития эпифитотии. Показана допустимость идеализации, сводимой к линейной модели (с возможной дискретизацией степени поражения – «сильная-средняя-слабая»), тогда как параметр модели « K » на самом деле является нелинейной функцией, зависящей от пространственной плотности популяций нематод и переносчиков P_i (Перевертин, 1987; 2006).

При оценке вероятных площадей распространения нематоды в течение 5-10 лет после заноса, принято 2 сценария: «Консервативный» – начальное заражение и «Пессимистический» – необратимое распространение карантинного вида.

Для каждого из сценариев предусмотрено два варианта развития эпифитотии – «наиболее вероятный», когда очаги заражения появляются в одном, максимум в двух регионах, наиболее благоприятных для развития вредного организма, и «наихудший», когда занос возможен на всей территории РФ, где имеются условия для акклиматизации нематоды *B. xylophilus*.

Кроме прямых потерь R в определении итогового ущерба учитывались затраты на лесовосстановление $R_{лв}$, фитосанитарные мероприятия $R_{фс}$ и внешнеторговый ущерб $R_{ем}$, что в итоге для «крайних» позиций «НБК (наиболее вероятный консервативный-НП (наихудший пессимистический))» составляет от 85 до 430 млрд руб. годового ущерба по РФ. Правая часть неравенства (1) – затраты на карантинный контроль по импортируемой древесине ($Z_{нк}$) с учётом затрат на комплексную экспертизу (Z_e) и затрат на установление фитосанитарного состояния груза ($Z_{фсг}$) для всех сценариев и вариантов – характеризуется порядками миллионов затрат на карантин, с

одной стороны, против десятков и сотен миллиардов рублей возможного ущерба, с другой (левая часть (1)).

Результатом работы является конечно же не констатация триумфа о предпочтительности профилактики болезни перед лечением, а экономико-математический аппарат адекватного прогнозирования последствий карантинных эпифитотий, который, возможно, окажется востребован при проектировании общих систем управления в рамках современных концепций экологически-сбалансированного и экономически-эффективного природопользования.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕСНОГО ПОЖАРА, КАК ФАКТОР, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ СТЕПЕНЬ ПОВРЕЖДЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА

Пономарев Е.И., Швецов Е.Г.
ИЛ СО РАН, г. Красноярск
evg@ksc.krasn.ru

В лесном фонде РФ более 51% лесов отнесено под спутниковые методы мониторинга лесных пожаров [1, 2], которые активно развиваются и применяются на практике на протяжении последних двадцати лет. С середины 2000-х годов спутниковые данные включены в систему учета лесных пожаров ИСДМ-Рослесхоз и в систему «Каскад» МЧС РФ. Начиная с 1996 года, в исследовательских целях формируется банк данных о лесных пожарах, фиксируемых спутниковыми методами, в Институте леса им. В.Н. Сукачева СО РАН [3]. Существующие банки данных лесных пожаров (Рослесхоз, МЧС РФ, данные NASA, ИЛ СО РАН) актуально дополнить принципиально новой информацией об энергетических характеристиках пожаров. Такой качественно новый уровень информации необходим для оценки пожарных эмиссий, для моделирования бюджета углерода, для количественной оценки воздействия огня на лесные экосистемы. Энергетические характеристики пожаров, фиксируемые дистанционно, при соответствующей калибровке по данным наземных обследований, позволят классифицировать пожары, развивающиеся в различных типах леса, при различных внешних погодных и климатических условиях.

В работе обсуждаются результаты дистанционного мониторинга пожаров в азиатской части РФ за период 1995 – 2014 гг., включая технологию мониторинга энергетических параметров пожаров и результаты геопространственного анализа повторяемости пожаров по территории.

Энергетическая характеристика полигонов пожаров — важная и информативная часть атрибутивных данных о пожарах. Для базы данных пожаров в лесной и лесостепной зонах России впервые получены оценки вариации интегральной мощности теплоизлучения от пожаров на основе методики определения показателя FRP (Fire Radiative Power) по данным TERRA, AQUA/Modis в среднем инфракрасном (4 мкм) диапазоне [4]. Анализ вариаций показателя мощности теплоизлучения позволит моделировать вид и интенсивность пожара, включая выделение низовых и верховых стадий, прогнозировать уровень воздействия пожара на растительность и послепожарные процессы.

На основе анализа «пожарных» пикселов установлено, что радиационная мощность излучения с единицы площади подчиняется степенному закону, а на пожарные пиксели с низкими значениями радиационной мощности (<50 МВт/км²) приходится порядка 75 – 90% от общего числа «пожарных» пикселов. Средние значения интегральной мощности теплоизлучения от полигонов пожаров зафиксированы на уровне 1200 — 1900 МВт [5]. Наименьшие значения мощности теплоизлучения соответствовали горению не лесных территорий (степь и земли сельхозназначения). На 20% среднее значение показателя FRP выше у пожаров в темнохвойных и в лиственных лесах. Величина 1900 МВт соответствовала мощности теплоизлучения для пожаров в сосновых насаждениях. Существенно выше среднее значение FRP для пожаров в лиственничниках — до 3800 МВт (рис. 2). Фиксировались также единичные случаи пожаров с экстремально высокой интегральной мощностью теплоизлучения – более 48000 МВт. При одинаковых внешних условиях и высоких классах пожарной опасности значения FRP пожаров в лиственничниках вдвое превышают теплоизлучение от пожаров в сосняках.

Было зафиксировано, что рост уровня пожарной опасности по условиям погоды сопровождался увеличением значений радиационной мощности теплоизлучения от действующих пожаров. При этом интегральные значения радиационной мощности имеют высокую степень корреляции ($r^2 \sim 0.7$) с уровнем пожарной опасности, как по российским (ПВ-1, ПВ-2), так и по канадским (FWI) показателям пожарной опасности показал. Это свидетельствует о том, что рост уровня пожарной опасности по условиям погоды приводит к повышению средней интенсивности тепловыделения, а также к росту скорости распространения пожара, что выражается увеличением количества регистрируемых пожарных пикселов.

Классификация отдельных участков пожаров по мощности позволяет перейти к решению обратных задач оценки количества сгорающих горючих материалов и уровня воздействия огня на растительность. Данная задача традиционно решается на основе математической классификации снимков гарей и пожарищ по значениям вегетационного индекса (DVI, NDVI, NBR) до и после пожара. Однако дистанционно полученные данные FRP в моменты непосредственной активности пожара могут составить альтернативный способ оценки типа и вида пожара и прогноза послепожарного состояния древостоев. Результат может быть получен на основе сопряженного анализа дистанционные данных, метеорологической информации, результатов наземных экспериментов и данных математического моделирования с использованием универсальных (FARSITE, BEHAVE) и специализированные программ моделирования пожаров.

Долговременная база данных о пожарах позволяет рассмотреть пространственно-временные вариации распределения пожаров растительности. Исследование было выполнено с использованием сети кластеров (более 21.5 тыс. кластеров) с размером ячейки 30'x20' (площадь ~ 65 тыс. га). Количество кластеров с повторением лесных пожаров более одного раза в течение сезона варьировало от 1000 до 6700, в среднем составляло более 3400. Для каждого кластера методом геопространственной статистики определено количество пожаров, зафиксированных за весь рассматриваемый период и по пятилетним периодам: 1996 – 2000, 2001 – 2005, 2006 – 2010, включая экстремальные пожароопасные сезоны 2011 – 2014. Отмечена общая тенденция роста повторяемости пожаров на единице площади, а при рассмотрении динамики отдельных регионов за пятилетние периоды проявляются фазовые сдвиги гармоник, что является важной характеристикой для последующего моделирования пожарных режимов в современных условиях [6].

Исследования выполнены при поддержке гранта Российского научного фонда (проект №14-24-00112).

Литература

1. Андреев Ю.А., Брюханов А.В. Профилактика, мониторинг и борьба с природными пожарами (на примере Алтае-Саянского экорегиона): справочное пособие. Красноярск, 2011. 272 с.
2. Барталев С.А., Ершов Д.В., Коровин Г.Н., Котельников Р.В., Лупян Е.А., Щетинский В.Е. Информационная система дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства РФ (состояние и перспективы развития) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. М., 2008. №5. т. II. С. 419 – 429.
3. Пономарев Е.И., Швецов Е.Г. Характеристики категорий пожаров растительности в Сибири по данным спутниковых и других наблюдений // Исследование Земли из космоса. 2013. №5. С. 45 — 54. DOI: 10.7868/S0205961413050035.
4. Пономарев Е.И. Классификация пожаров в Сибири по мощности излучения на основе показателя FRP по данным TERRA/Modis // Исследование Земли из космоса. 2014. №3. С. 56 – 64. DOI: 10.7868/S0205961414020080
5. Швиденко А.З., Щепаченко Д.Г. Климатические изменения и лесные пожары в России // Лесоведение. 2013. №5. С. 50 – 61.
6. Kaufman, Y.J., Kleidman R.G., King M.D. SCAR-B fires in the tropics: Properties and remote sensing from EOS-MODIS // Journal of Geophysical Research. 1998. 103. D24: 31955 –31968.

ИНДИКАЦИЯ АНТРОПОТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГОРОДСКИЕ ЛЕСА (НА ПРИМЕРЕ г. ПЕТРОЗАВОДСКА)

Рудковская О.А.
Ил КарНЦ РАН, г. Петрозаводск
rudkov.o@yandex.ru

Процесс урбанизации неизбежно сопряжен с разрушением природных ландшафтов, с частичным или полным замещением их урбогеоэкосистемами, обладающими специфичными структурой, свойствами и механизмами биотической регуляции. Подобного рода преобразования затрагивают не только территории, оказывающиеся под застройкой, но также участки городских лесов, в частности, лесозащитные полосы, которые выполняют важную роль в обеспечении эксплуатации железнодорожной инфраструктуры. С одной стороны, они способствуют безопасности функционирования железнодорожных магистралей, защищая пути от сильных ветров, снежных заносов, гололедообразования, а с другой, выполняют санитарно-защитные функции, снижая неблагоприятное воздействие поллютантов на все компоненты биоты.

Целью исследований было оценить комплексное влияние антропогенных факторов на состояние растительного компонента лесных экосистем лесозащитных полос.

Участки, на которых проводили исследования, расположены в юго-восточной части города Петрозаводска, столице республики Карелия. Данная территория находится в пределах среднетаежной подзоны. Объектами исследования служили лесные сообщества, удаленные от рельсовых путей в одном направлении через равные отрезки: 40 м, 80, 120 и 160 м. На каждом участке были заложены серии метровых площадок, проведено их геоботаническое описание согласно стандартным методикам. Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов, а также обилие сосудистых растений оценивали в процентах. Уровень биоразнообразия оценивали помощью индекса Шеннона (H') [1].

В результате проведенных исследований установлено, что на участке 1, расположенном в 40 м от рельсовых путей, растительный покров претерпел наиболее значительную трансформацию. После сведения древостоя в результате восстановительной сукцессии на данном участке сформировался осинник снытевый с участием вяза шершавого. Тип леса — осинник снытевый, возраст древостоя составляет 15-18 лет. Из всех исследованных сообществ здесь отмечен наименьший уровень видового богатства — 19 видов сосудистых растений. Монодоминантом напочвенного покрова является сныть обыкновенная, проективное покрытие которой составляет 85%. Мохово-лишайниковый ярус отсутствует. $H'=0.2$.

На участке 2, расположенном на расстоянии 80 м от железной дороги сформировался осинник разнотравный. Возраст древостоя составляет около 40 лет. Данное сообщество характеризуется самым высоким уровнем видового богатства среди исследованных сообществ, здесь зарегистрированы 40 видов сосудистых растений. Следует отметить, что ведущая ценотическая роль в сложении напочвенного покрова принадлежит папоротникам. Мохово-лишайниковый ярус отсутствует. $H'=2.6$.

На участке 3, находящемся в 120 м от железнодорожных путей произрастает ельник разнотравно-черничный приручейный. Возраст древостоя оценивается примерно в 70 лет. Всего на данном участке зарегистрировано произрастание 32 видов сосудистых растений. Доминантом напочвенного покрова является черника, проективное покрытие которой составляет 44%. Значительно участие кислицы обыкновенной (8%) и костяники каменистой (4%). Моховый ярус сложен шестью видами мхов, однако их общее проективное покрытие чуть больше 1%. $H'=1.6$.

Участок 4, расположенный на расстоянии 160 м от железной дороги, рассматривался в качестве контроля. Здесь произрастает ельник разнотравно-черничный приручейный с участием березы в первом ярусе. От предыдущего ельника разнотравно-черничного данное сообщество отличается более высоким уровнем видового богатства (38 видов сосудистых растений) и, кроме того, заметным участием в сложении напочвенного покрова ландыша майского (проективное покрытие 5%). Моховый ярус практически отсутствует (покрытие мхами составляет менее 1%). $H'=1.6$.

Среди растений, как известно, индикаторами степени антропогенного влияния на экосистему являются мхи и лишайники. Из четырех обследованных объектов моховый ярус представлен только на двух, наиболее удаленных участках, при этом крайне незначительно. Поэтому в нашем случае мхи не могут служить в качестве индикаторов состояния сообществ. Диагностируемыми элементами в данной ситуации являются древесный ярус и напочвенный покров.

Как известно, сосудистые растения реагируют на внешнее воздействие изменением состава и обилия. Древесный ярус сообщества, ближе всего расположенного к железной дороге, представлен осиной, породой замещающей хвойные в период восстановительной сукцессии. В травяно-кустарничковом ярусе господствует сныть обыкновенная, которая является синантропным видом. Произрастание перечисленных видов, а также вяза шершавого естественного происхождения, свидетельствует о высоком уровне фонового почвенного плодородия, который мог бы служить предпосылкой развития здесь сообщества с высоким уровнем биоразнообразия. Однако флористическое богатство и индекс биоразнообразия имеют наименьшие значения (19 видов и 0.2 соответственно) из всех исследованных сообществ. Это свидетельствует о медленной реабилитации экосистемы после катастрофического нарушения, которое привело к разрушению механизма биотической регуляции.

По уровню видового богатства осинник разнотравный (участок 2) близок к контролю, но по уровню биоразнообразия значительно его превосходит. Это обусловлено экотонным положением данного сообщества в ряду трансформированных сообществ, расположенных по градиенту ослабления влияния антропогенного фактора по мере удаления от железнодорожных путей.

Таким образом, проведенные исследования позволили подтвердить положение о том, что подбор диагностических критериев для анализа уровня трансформации лесных экосистем необходимо проводить с учетом экологического состояния природных комплексов. Установлено, что на отрезке 60-120 м от железнодорожной магистрали степень ценотических преобразований, обусловленных комплексным влиянием антропогенных факторов, невелика, что позволяет экосистеме сохранить способность к саморегуляции и самовосстановлению.

Литература

1. Розенберг Г.С. Информационный индекс и разнообразие: Больцман, Котельников, Шеннон, Уивер // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2010. Т. 19. № 2. С. 4-25.

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КЕДРОВЫХ ЛЕСОВ СИБИРИ

Соколов В.А., Втюрина О.П., Кузьмик Н.С., Соколова Н.В., Борисевич Н.А.
ИЛ СО РАН, г. Красноярск
sokolovva@ksc.krasn.ru

Лесное законодательство России предусматривает рациональное и неистощительное использование, охрану, защиту и воспроизводство лесов. Повышение эффективности лесного хозяйства тесно связано с адекватной эколого-экономической оценкой лесных ресурсов и земель, функций леса.

Работа по изучению и оценке лесных ресурсов должна быть непрерывной, учитывающей все возрастающие потребности человека, а также степень воздействия на природу антропогенных факторов. Проблема эколого-экономических критериев оценки лесов, несмотря на многолетние исследования, все еще не нашла окончательного решения.

По мнению многих авторов [2, 4, 6 и др.], основой экономической оценки должна являться таковая оценка запаса древесины на 1 га плюс оценка прочих полезностей леса. Исходя из этого, нами была проведена эколого-экономическая оценка кедровых древостоев Ермаковского лесничества Красноярского края.

Для примера расчета было выбрано Танзыбейское участковое лесничество.

Минимальные ставки платы за древесину основных древесных (лесообразующих) пород, отпускаемую на корню, выбраны для Первого Восточно-Сибирского лесотаксового района (согласно району расположения Ермаковского лесничества) и для первого разряда такс.

Пример расчета.

Исходные данные: Ермаковское лесничество, Танзыбейское участковое лесничество, квартал – 35, выдел – 17, площадь – 28 га, состав – 3К4П3Ос, возраст: К – 240 лет, П – 100 лет, Ос – 100 лет, высота: К – 25 м, П – 21 м, Ос – 25 м, диаметр: К – 44 см, П – 24 см, Ос – 40 см, класс бонитета – III, полнота – 0,5, запас на 1 га по породам: К – 78 м³, П – 104 м³, Ос – 78 м³. Стоимость древесины на 1 га составит – 10943 руб.

Поскольку в расчете использовались лишь лесоустроительные базы данных о запасах стволовой древесины и лесопокрытых площадях, величина углерододепонирующей емкости насаждений, зависящая от годичного прироста фитомассы, косвенно учитывается соответствующим коэффициентом, согласно ежегодному приросту органической массы в абсолютно сухом состоянии [1].

При сравнении методик определения выделения кислорода и поглощения углекислоты [5] сохраняется трехступенчатая соподчиненность и по породам, и по возрастам, т. е. максимальное количество выделяемого кислорода, например сосной, происходит в 60 лет, минимальное – в 20. Подтверждение этому находится и у других авторов [3, 7 и др.].

Для нашего примера, исходя из состава и возраста, поглощение CO₂ составит соответственно: К – 4.33 т/га, П – 5.20 т/га, Ос – 3.76 т/га. Суммарное количество поглощенного углерода – 13.29 т/га.

Выделение кислорода, соответственно: К – 3.28 т/га, П – 4.04 т/га, Ос – 2.92 т/га. Суммарное количество выделенного кислорода – 10.24 т/га.

В настоящее время огромное значение приобретает чистота атмосферного воздуха. Чтобы поддерживать необходимую концентрацию кислорода в атмосфере, необходимо увеличивать его природное воспроизводство. Международная общепринятая цена за тонну углекислого газа, выброшенную той или иной страной сверх ее лимита, - 10 долларов США. При разложении этой тонны образуется 0.727 т кислорода, поэтому стоимость кислорода получится – 13.8 долларов за тонну (<http://www.promved.ru>).

Стоимость кислорода, выделяемого одним гектаром выборки – 3596 руб., поглощаемого углекислого газа – 3360 руб.

Заготовка ореха является основным элементом использования недревесных ресурсов кедровых лесов. Расчет хозяйственного сбора ореха ведется после определения величины биологического урожая по таблицам урожайности и таксационным описаниям выделов.

В тех случаях, когда лесоустройство проведено без определения урожайности, комплексной и селекционной оценки кедровых лесов, применяется упрощенная дифференциация насаждений по типам комплексного использования на основе стандартных таксационных описаний выделов и

закономерностей распределения классов биологической урожайности кедр, в зависимости от полноты, возраста и состава.

В нашей выборке средняя урожайность кедрового ореха с одного гектара составляет от 25 до 50 кг. Средняя рыночная цена за 1 кг неочищенного кедрового ореха – от 100 до 200 руб. (<http://krasnoyarsk.pulscen.ru/price/401207-orehi-kedrovye>). Расчеты по усредненным данным дают стоимость орехопродуктивности 1 га – 5625 руб.

Охотничье хозяйство является одним из элементов комплексного использования кедровых лесов. Основу охотхозяйственной деятельности составляет охота на соболя, белку, марала. Наибольший удельный вес в пушных заготовках в Ермаковском районе (в стоимостном выражении) имеет соболь. Также на этой территории осуществляется добыча таких видов, как бурый медведь, лось, кабарга, глухарь и рябчик.

Современная численность охотничьих видов рассчитана нами при межрайонном охотоустройстве Ермаковского района. Квоты добычи охотничьих видов на данной территории в сезон охоты 2012–2013 гг. указаны в Приложениях к указу Губернатора Красноярского края от 31.07.2012 № 164-уг. Стоимость приведена рыночная (<http://sibirsafari.ru/catalog/kovry.html>, http://мир-тайги.рф/index.php?f_n=Prays_list, <http://shkura.com.ua/ru/12-schkury-dikih-zhivotnyh>). В стоимость медведя входит цена шкуры, мяса, желчи и жира, в стоимость лося – мясо и камус, в стоимость марала – мясо, желчь, струя, в стоимость кабарги – мясо и струя. Стоимость соболя, рыси, волка, лисицы, белки, норки, горностая – это цена за шкурку, глухаря и рябчика - цена мяса, а стоимость зайца включает цену шкурки и мяса.

Стоимость 1 га кедровников по охотпродукции определилась в 20.9 руб., что составляет 0.1 % от комплексной стоимости 1 га.

Оценка смолопродуктивности кедр сибирского нами не определялась, поскольку промышленные заготовки в кедровниках действующими нормативами запрещены.

Ягодники, лекарственные и технические растения, медоносы и грибы учитываются как сырьевые ресурсы только в том случае, если по своей концентрации и урожайности они имеют промысловое значение. На территории нашей выборки эти ресурсы промыслового значения не имеют, поэтому нами не учитывались.

По предложенной методике стоимость 1 га кедровых лесов Ермаковского лесничества равна **24.8 тыс. руб.**, что в 2.3 раза больше стоимости 1 га по действующей методике.

Согласно Государственному учету лесного фонда по Сибирскому федеральному округу на 01.01.2011 г площадь кедровых насаждений составляет – 28284.2 тыс. га. Соответственно, стоимость кедровых насаждений Сибирского федерального округа определится минимум в 701.4 млрд. руб.

При этом мы не учитывали стоимость недревесного и технического сырья, а также водоохранно-почвозащитных, санитарно-гигиенических и рекреационных функций, оценку которых предстоит еще определить.

Таким образом, предложенная методика позволяет более реально оценивать лесные ресурсы кедровых лесов в зависимости от характера лесопользования, а также ущерб, причиненный этим лесам в результате различных воздействий. Можно сделать вывод, что методика отвечает требованиям ресурсосбережения, повышения многофункциональной роли леса.

Методика оценки кедровых лесов, не является излишне усложненной, т. е. в ней используются критерии и показатели, которые при относительной простоте получения исходной информации адекватно отражают состояние лесного фонда и условия его освоения, что способствует повышению эффективности использования лесных ресурсов, укреплению ресурсосберегающей лесной политики. Цены, рассчитанные в ходе исследований, являясь, по сути, нормативами, должны периодически пересматриваться согласно изменению региональных и федеральных законодательных и нормативных документов, т. к. в условиях быстро меняющихся общественных и экономических отношений в России совершенствование лесного законодательства неизбежно.

Литература

1. Белов С.В. Количественная оценка гигиенической роли леса и нормы лесов зеленых зон: Методическое пособие. Л.: ЛенНИИЛХ, ротاپринт ВЗЛТИ. 1964. 65 с.
2. Кислова Т.А. Оценка рекреационных функций леса // Лесное хозяйство. 1988. № 2. С. 37-39.
3. Ковтунов В.П. Особенности лесоустройства зеленых зон. М.: Гослесбумиздат, 1962. 139 с.
4. Кузьмик Н.С., Соколов В.А., Фарбер С.К. Эколого-экономическая оценка лесов зеленых зон. Новосибирск: Изд-во СОРАН. 2008. 110 с.
5. Лебедев Ю.В. Эколого-экономическая оценка лесов Урала. Екатеринбург: Уро РАН. 1998. 214 с.
6. Медведева О.Е. Оценка стоимости лесных земель // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2003. № 11-12. С. 82-86.

7. Ханбеков И.И., Недвецкий Н.А., Власюк В.Н., Ханбеков Р.И. Влияние леса на окружающую среду. М.: Лесн. пром-сть. 1980. 136 с.

ОЦЕНКА ЗАПАСОВ БИОМАССЫ ЛЕСОВ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И УЧЕТА ЛЕСНОГО ФОНДА

Сочилова Е.Н., Ершов Д.В.
ЦЭПЛ РАН, г. Москва
elena@ifi.rssi.ru

Исходные данные. Создание карты общих запасов живой биомассы лесов требует анализа количественной информации о запасах древесины и площадях основных пород, а также информации об их пространственном расположении. В качестве исходных данных используются: государственный учет лесного фонда (ГУЛФ); картографический ГИС-слой границ лесхозов; конверсионные коэффициенты перехода от запасов древесины к запасам биомассы; карта растительного покрова России по данным спутника MODIS, пространственное разрешение 230 метров. Единицей определения общих запасов живой биомассы в лесах России является лесохозяйственное предприятия (в дальнейшем – «лесхоз»).

Данные по лесам взяты из ГУЛФ и представлены на уровне лесхозов. Для каждой единицы учета получено распределение площадей лесов и их запасов по породам и группам возраста, а также общая площадь лесного фонда, площадь лесных земель, покрытая лесом площадь и площадь редин. Из базы данных были выбраны записи для 1704 единиц учета, которые присутствуют на картографическом слое лесхозов. В составе общей площади покрытые лесной растительностью земли составляют 709.3 млн. га (65.8 %), редины – 64.7 млн. га (6.0 %). Данные, пригодные для расчета биомассы, имеются для площади 675.7 млн. га, покрытой основными лесобразующими породами и кедровым стлаником.

В запасы и площади из ГУЛФ вносятся поправки с целью исключить возможные ошибки исходных данных и учесть наличие редин в лесхозах. Выполняются следующие корректировки. Запасы и площади лесных пород, у которых удельный запас превышает 500 м³/га, исключаются из расчетов биомассы. Площади по породам (сосна, лиственница) и группам пород (темнохвойные вечнозеленые, лиственные) меньше 100 га и соответствующие им запасы также исключаются из расчетов биомассы. Поскольку данные по запасам редин в базе отсутствуют, вносится поправка на редины в средние значения биомассы для всех классов древесной растительности. Коэффициент поправки - отношение площади редин к площади лесных земель. То есть для лесхозов, где редин мало, их биомасса составляет малую долю от биомассы сомкнутых насаждений, а в лесхозах, где редин очень много, их биомасса меньше отличается от биомассы сомкнутых насаждений.

ГИС-слой границ лесхозов отражает административные границы единиц учета, в пределах которых находятся лесхозы, поэтому, как правило, площадь полигона превышает, иногда существенно, площадь лесного фонда. Общая площадь исходных полигонов составляла 1 690 млн. га, полигоны без данных занимали 306 млн. га (19 %) и были довольно равномерно распределены по территории. Большая часть полигонов без данных это земли не лесного фонда (233.9 млн. га), заповедники, заказники, национальные парки, опытные станции (38.9 млн. га). Чтобы избежать пустот на карте удельных запасов общей фитомассы, выполнена редакция границ лесхозов. Там, где было возможно, проведено объединение заказников, заповедников, земель не лесного фонда с соседними лесхозами по принципу схожих лесорастительных условий и породного состава.

Методика определения фитомассы опубликована в статье «Коэффициенты конверсии...» [1]. Результатом является таблица конверсионных коэффициентов для преобразования запасов насаждений с учетом породной и возрастной структуры в общие запасы фитомассы, включая стволы, ветви, корни, хвою/листву. Конверсионные коэффициенты рассчитаны для всех основных лесобразующих пород с учетом породы, возраста и принадлежности лесхоза к той или иной лесорастительной полосе с учетом широтной или высотной зональности. В качестве зон выделены редкостойная и северная тайга, средняя тайга, южная тайга со смешанными и лиственными леса. Таблица конверсионных коэффициентов используется для пересчета значений запасов насаждений в общую и среднюю биомассы каждой из основных лесобразующих пород и кедрового стланика. Общий конверсионный коэффициент «Фитомасса/Запас» для пород учитывает стволы, ветви, корни, листву/хвою.

Карта растительного покрова России создана по спутниковым данным MODIS за 2005 год [2]. Лесом считается древесная растительность с проективным покрытием крон выше 20% и высотой более 5 метров [3]. Общая фитомасса насаждений считается для групп лесов, выделенных на карте растительного покрова России TerraNorte RLC общей площадью 859 млн. га.

Расчет биомассы по лесхозам. Легенда карты растительности включает 8 тематических классов лесных насаждений, для которых рассчитывается средняя биомасса на гектар на основе соответствующих категорий основных лесообразующих пород по ГУЛФ. Для темнохвойных вечнозеленых, светлохвойных вечнозеленых, лиственничных и лиственных лесов, а также кедрового стланика средняя биомасса рассчитывается делением суммарной биомассы соответствующих лесообразующих пород на их общую площадь. Биомасса смешанных рассчитывается на основе агрегированных средних значений для всех хвойных и всех лиственных путем их взвешивания в соответствии с долей хвойных и лиственных в каждой категории смешанных насаждений. Результат - картографический слой границ лесхозов; в качестве атрибутов он имеет поля со значениями удельного запаса биомассы (т/га) для всех 8-ми классов легенды карты. Пространственное распределение этих классов дает карта растительного покрова России.

Совмещение карты растительности и карты лесхозов. Из карты растительности выделяется тематический лесной класс (например, темнохвойный вечнозеленый лес). Смежные пиксели одного и того же тематического класса объединяются в один полигон. Эти полигоны являются зонами для расчета среднего значения биомассы на количество значимых пикселей внутри полигонов-зон. Вычисленное средневзвешенное удельное значение биомассы присваивается этим пикселям. Если полигон-зона растительного класса целиком находится в лесхозе, то значение сохраняется то, какое стоит в базе для этого лесхоза. Если полигон-зона растительного класса попадает на несколько соседних лесхозов, то в значениях биомассы будет стоять средневзвешенное значение биомассы между лесхозами для этого лесного класса. Если полигоны растительного класса целиком попадают на пустое место, то в значениях биомассы останутся нули. Это позволяет сгладить переходы значений биомассы между границами лесхозов, а также заполнить пропуски. Данный подход используется для всех лесных классов, исключая лиственницу. Для лиственницы значения биомассы берутся в границах лесхоза, для того, чтобы избежать осреднения запасов на огромных территориях Сибири и Дальнего Востока. Рассчитанные таким образом средневзвешенные значения биомассы для 8-ми классов карты растительности используются для формирования карты общих запасов биомассы лесов.

Литература

1. *Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Честных О.В.* Коэффициенты конверсии запасов насаждений в фитомассу для основных лесообразующих пород России // Лесная таксация и лесоустройство. Сибирский государственный технологический университет, выпуск 1(32), 2003, с. 119 – 127.
2. *Барталев С.А., Егоров В.А., Ершов Д.В., Исаев А.С., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Уваров И.А.* Спутниковое картографирование растительного покрова России по данным спектрорадиометра MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2011. Т.8. № 4. С.285-302.
3. *Bartalev S.A Belward A., Ershov D.V., Isaev A.S.* A New SPOT4-VEGETATION Derived Land Cover Map of Northern Eurasia // International Journal of Remote Sensing, 2003. Vol.24. № 9. P.1977-1982.

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ НАСЕКОМЫХ-ФИЛЛОФАГОВ НА СОСТОЯНИЕ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ

Уткина И.А., Рубцов В.В.
ИПАН, п/о Успенское
UtkinalA@yandex.ru

Известно, что насекомые способны существенно влиять на протекающие в лесных биогеоценозах процессы. Наиболее очевидно это влияние проявляется в период массовых размножений некоторых видов фитофагов, когда высокая степень повреждения ими деревьев и древостоев сопровождается значительными биогеоценозическими последствиями, в том числе функциональным расстройством насаждений, ухудшением их качества, преждевременным старением и потерей биологической устойчивости, снижением выхода деловой древесины, ухудшением ее технических качеств, уменьшением срока ее службы, а в определенных случаях – усыханием деревьев и насаждений.

Наиболее подробно и всесторонне исследована биоценозическая роль филлофагов, особенно хвое- и листогрызущих насекомых. Обобщения исследований, выполненных в разных частях Земли, показали, что насекомые-филлофаги, являясь непременным компонентом природных сообществ, обычно потребляют не более 5-15% от листовой поверхности, продуцируемой в кронах деревьев, и это не оказывает заметного влияния на продукционный процесс. В то же время известно, что некоторые виды этой группы, чьи вспышки массового размножения в отдельные годы и периоды

охватывают сотни тысяч и миллионы гектаров лесной площади, обладают большой биоценотической и экономической значимостью. Примером подобного значения таких видов служит тот факт, что сведения о площади очагов наиболее вредоносных хвое- и листогрызущих видов насекомых в лесах России включены отдельными строками в формы обязательной ежегодной отчетности.

Обобщая многочисленные данные о взаимодействии насекомых-филлофагов со своими кормовыми породами, содержащие оценку тяжести последствий для древостоев сплошных и сильных многократных дефолиаций, можно констатировать, что именно сроки и характер дефолиации – хорошая исходная информация для оценки внешних и скрытых последствий для биогеоценоза массовых размножений насекомых. Значительно сложнее определить уровень влияния филлофагов на древостой при многократных повреждениях листы средней степени. В этих случаях доминирующая роль дефолиации в ряду других воздействующих неблагоприятных факторов снижается или утрачивается, и возникает необходимость анализировать совокупность существенно значимых факторов, в первую очередь условий произрастания, типа и возраста насаждений. При этом также важны исходное физиологическое состояние (степень ослабленности насаждения), характер и кратность дефолиации, погодные условия и др. Наши многолетние исследования, выполненные в разных типах дубрав, показали, что повреждение листы насекомыми носит преимущественно очаговый характер из-за большого разнообразия насаждений по типам леса, возрасту, фенотипам дуба черешчатого, степени угнетенности деревьев и особенностям размножения филлофагов. Внутри очага обычно происходит ежегодное чередование деревьев, подвергающихся сплошной дефолиации, что является адаптационной реакцией насаждений на интенсивные повторяющиеся дефолиации, способствует уменьшению отпада деревьев и сохранению древостоя. Проанализировать действие и оценить роль всех существенных факторов во взаимосвязи возможно только с помощью моделирования.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (№ 12-04-01077) и гранта Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ РФ (НШ-1858.2014.4).

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАЗНООБРАЗИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ СРЕДСТВ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Ханина Л.Г.¹, Смирнов В.Э.¹, Бобровский М.В.², Стародубцева Е.А.³

¹ИМПБ РАН, г. Пущино; ²ИФХиБПП РАН, г. Пущино;

³Воронежский государственный заповедник, ст. Графская, Воронежская обл.

khanina.larisa@gmail.com

При оценке разнообразия растительности как существующих, так и вновь образующихся ООПТ, исследователь зачастую располагает проблемными (например, неполными и/или неоднородными) геоботаническими данными. Такая ситуация типична при оценке динамики разнообразия на территориях, по которым есть геоботанические описания прошлых лет (что характерно для наших наиболее «старых» заповедников), либо при исследовании труднодоступных территорий, проведение экспедиций в которых затруднено, и ценными являются практически любые данные, которые «удалось» собрать. Неоднородность геоботанических данных может возникать вследствие различных размеров геоботанических площадок, на которых проводился сбор данных, разных схем закладки площадок, неравноценного качества проведения описаний разными авторами, а также разноразмерности выборок, описывающих различные типы сообществ, ландшафтные единицы или другие оцениваемые подразделения биогеоценотического покрова. Количественные оценки разнообразия, полученные непосредственно на основе проблемных данных, могут оказаться существенно смещенными. Более корректные оценки видового разнообразия можно получить путем применения специальных статистических методов.

В докладе рассмотрены оценки альфа, бета и гамма разнообразия, предложенные Уиттекером. Альфа-разнообразие будем оценивать через видовую насыщенность – среднее число видов в группе описаний на единицу площади (геоботаническое описание). Бета-разнообразие будем рассматривать как вариацию разнообразия в наборе групп описаний. Гамма-разнообразие будем оценивать через видовое богатство – общее число видов в группе (или наборе групп) описаний.

При расчете разнообразия мы предлагаем предварительно оценивать качество исходных данных. Оценка качества данных складывается из нескольких этапов. (1) Проверка массива геоботанических данных на аккуратность заполнения полей таблицы (базы данных) и нахождение ошибок ввода. (2) Проверка всего массива данных на выбросы по видовому составу описаний. (3) Проверка данных в пределах группы описаний, относящихся к одному типу сообщества. Этап (1)

осуществляется путем использования информационных технологий. Этап (2) можно осуществлять посредством применения функции `distconnected` библиотеки `vegan` среды программирования R [7]. Если таких «несвязанных» описаний несколько, то их предпочтительнее отбраковать, в противном случае их следует анализировать отдельно от всего остального массива данных. На этапе (3) можно проверять данные на значимость различий среднего числа видов в подгруппах описаний путем использования рандомизационных критериев сравнения средних [4]: описания сравниваемых подгрупп случайно перемешиваются, каждый раз рассчитывается разность между групповыми средними; наблюдаемая разность сравнивается с полученным распределением; выполняется минимум 999 пермутаций, что соответствует минимально возможному уровню значимости 0.001. Используется функция `s2m` библиотеки `rich` среды R. На этапе (3) целесообразно также проводить анализ редко встречающихся видов (1-2 встречи, `singletons & doubletons`, соответственно), их должно быть достаточно много; пониженный процент редко встречающихся видов, как правило, свидетельствует о некачественности (под)группы описаний. Для анализа редко встречающихся видов можно использовать программы `PcOrd` [6] и `EstimateS` [2].

Для анализа альфа-разнообразия мы предлагаем строить ящичковые диаграммы (`box-plots`). Проверку значимости различий в видовой насыщенности между типами сообществ предлагаем проводить с помощью уже упомянутых рандомизационных критериев сравнения средних: выполнять попарные рандомизационные тесты с коррекцией p -значений на множественность сравнений. Бета-разнообразию предлагаем оценивать по индексам, мало зависящим от объемов выборок: по внутригрупповому расстоянию, рассчитываемому, например, по индексу Жаккара; по индексу бета-разнообразия МакКьюна [5]. Индексы можно рассчитывать в программе `PcOrd`, в пакете `Vegan` среды R.

Сравнительный анализ гамма-разнообразия (видового богатства) предлагаем проводить двумя способами. Первый заключается в использовании оригинальной рандомизированной процедуры, подобной методу бутстреп [1]. Процедура основана на случайном выборе 10000 раз без возвращения числа описаний, равному размеру минимальной выборки, и последующего получения распределения общего числа видов, ожидаемых в подвыборках такого объема. В качестве оценок берутся средние модельных распределений и их перцентильные доверительные интервалы. Второй способ – интегральный статистический подход, предложенный Colwell et al. [3]. Этот метод на основе распределения Бернулли аналитическим способом находит ожидаемое число видов, как в случае интерполяции выборки (приведения выборки большего размера к меньшему), так и в случае ее экстраполяции (доведения выборки меньшего размера до большего). При этом рассчитывается единая видовая кумулятивная кривая для каждого типа сообщества, которая начинается от размера выборки в одно описание, продолжается до наблюдаемого числа описаний в данном типе, далее переходит в асимптотическую кривую, продолжающуюся до желаемого уровня экстраполяции. Для экстраполяционных и интерполяционных оценок далее строятся 95%-ные доверительные интервалы. Расчет кумулятивных кривых осуществляется в программе `EstimateS`.

Предложенные методики были использованы для оценки разнообразия растительности заповедников «Калужские засеки» и «Воронежский». С помощью предложенных методов были получены следующие наиболее очевидные результаты. В заповеднике «Калужские засеки» уровень видового богатства растительности оказался сходным во всех сообществах с доминированием неморальных видов в травяно-кустарничковом ярусе; высокое значение наблюдаемого видового богатства неморальных широколиственных лесов определяется большим числом описаний, собранных в данном типе.

Оценка качества геоботанических данных, собранных в заповеднике «Воронежский» с момента его образования (с 30-х гг. XX века) до настоящего времени, показала: (1) по видовой насыщенности описания, выполненные на площадках менее 100 м², значимо отличаются от всех других описаний; площадки малого размера были удалены из дальнейшего анализа; видовая насыщенность площадок большего размера, чем стандартный, значимо не отличалась, и такие площадки были оставлены; (2) во втором периоде наблюдался наименьший процент редких видов. Дополнительный анализ показал, что «недобор» видов, а также аномально низкая видовая насыщенность (во всех типах сообществ) имеет место в описаниях с одним авторством; эти описания были удалены из анализа сравнительного видового разнообразия с учетом временных периодов; (3) сравнение схем закладки площадок показало, что описания, сделанные на геоботаническом профиле, по видовой насыщенности значимо не отличаются от описаний, сделанных вне профиля, для всех типов сообществ во всех временных периодах, поэтому схему закладки площадок можно не учитывать при анализе разнообразия. В целом, за 80 лет заповедания в Воронежском заповеднике альфа-разнообразие растительности уменьшилось, бета- и гамма-разнообразие сохранилось на прежнем уровне.

Литература

1. Смирнов В.Э. Статистическое оценивание некоторых параметров видового разнообразия по проблемным экологическим данным // Математическая биология и биоинформатика / Под ред. В. Д. Лакно. М. : МАКС Пресс, 2012. С. 204-205.
2. Colwell R.K. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. 2013. Version 9. URL: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>.
3. Colwell R.K., Chao A., Gotelli N.J., Lin S.-Y., Mao C.X., Chazdon R.L., Longino J.T. Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation, and comparison of assemblages // Journal of plant ecology. 2012. Vol. 5. P. 3-21.
4. Manly B. F. J. Randomization, bootstrap and Monte Carlo methods in biology. Boca Raton: Chapman & Hall CRC, 2007. 455 p.
5. McCune B., Grace J.B. Analysis of Ecological Communities. Gleneden Beach: MjM SoftWare Design, 2002. 300 p.
6. McCune B., Mefford M.J. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. Version 6.12. Gleneden Beach: MjM Software, 2011. <http://www.pcord.com/>
7. R Development Core Team. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2012. URL: <http://www.R-project.org/>

ПОЗНАНИЕ ЛАНДШАФТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЛЕСОВ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ, КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЗНАЧИМОСТИ ИХ РЕСУРСНО-СЫРЬЕВОГО И БИОСФЕРНОГО ПОТЕНЦИАЛОВ

Цветков В.Ф., Маслова Н.А., Андриянов В.В., Тажикинова Н.А.
САФУ, г. Архангельск
vftsvetkov@yandex.ru

Сложившаяся на протяжении почти трех столетий практика лесопользования на Европейском Севере России традиционно основывалась на архаическом опыте освоения лесных ресурсов по принципу «по потребности» и на утопических убеждениях об их неисчерпаемости. Значимость лесов для северян во времени стремительно изменялась. Первоначально это весь жизненный уклад крестьянина и «добытчика»-лесовика. Затем все больше лес становится «предметом труда». На рубеже XIX- XX столетий жизнь около 40 % населения России была связана с лесным делом.

Постепенно, с ростом спроса на лесные товары и накоплением опыта лесопользования развиваются понятия о разнокачественности лесных угодий. И уже в первых региональных классификациях лесов [1] широко используется опыт северных крестьян распознавания главных свойств лесных участков (тип местоположения, свойства грунта, качество древесины, количество товарных деревьев на десятине, доступность освоения).

Важным шагом в осмысления природы и многомерности полезностей лесов явилось предложение С.И Коржинского [2] – ботаника по профессии, считать лесные земли частью разнообразного царства многих других растительных формаций на планете. Лес предстал для человека явлением, подчиняющимся общим законам природы, явлением историческим, динамическим, эволюционным.

Сегодня лесоустроительные инструкции предусматривают на каждом лесном участке оценку 10-14 лесотаксационных экологических показателей насаждения. Последовательно углубляется дифференциация лесных земель с учетом различий в целевом их назначении, разнообразится (расширяется) перечень категорий хозяйственной и экологической значимости. И как следствие, происходит углубление свойств лесного сообщества, что влечет дробление лесных угодий снижается минимальная площадь участка со своими индивидуальными особыми свойствами.

Расширение взглядов на природу и свойства лесных насаждений во времени – явление свойственное всем отраслям и направлениям научной мысли. Этому объективно способствует углубление общебиологических и лесозоологических исследований, расширение познания многомерной сущности лесных экосистем, осознание значимости леса как одного из активнейших факторов, обеспечивающих экологическую безопасность (климатостабилизирующих, общезащитных, средообразующих, ландшафтоформирующих и биосферных функции участка лесных земель[3].

Вместе с тем, сегодня лесоведы России, вооруженные каноническим (устаревшим) арсеналом средств распознавания свойств леса, не всегда готовы к оценке некоторых новых, известных лишь мировоззренчески функциях лесных экосистем, не имеют возможностей использовать более совершенные приемы и подходы к оценке даже традиционного списка свойств леса. Низкий уровень современного российского лесоводства, не побуждает специалистов лесного дела к повышению

эффективности лесопользования, к расширению и углублению использования неисчерпаемого многообразия свойств и функций лесов России.

В последние десятилетия в кругах лесоведов, экологов, лесных типологов, ландшафтоведов растет внимание к ряду свойств леса, ранее не рассматриваемых в системе общего лесопользования. Среди инициаторов включения в число природных качеств лесных земель ландшафтно-географических параметров известные ученые: А.С. Исаев, Л.П. Рысин, А.Г. Исаченко, Д.М. Киреев, сотрудники Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН. Успешно развивают ландшафтное видение природы лесов карельские ученые.

Идеи корифеев находят отклик у архангельских лесоведов, экологов-природоведов, географов. Этот интерес основывается в большой мере на исследованиях естественно-исторической и антропогенной динамики, на познании географизма, биологии и экологии лесов Европейского Севера (И.С. Мелехов, В.И. Левин, В.Г. Чертовской, К.С. Бобкова, И.В. Волосевич, П.Н. Львов и их последователей).

Интерес сотрудников кафедры лесоводства и почвоведения САФУ к вопросам пополнения комплекса характеристик лесов Севера возник в результате осмысления существенного ущерба, наносимого массивам лесов при их расчленении при отводе лесосек в действующей системе промышленной лесозексплуатации. Известно, что в силу действующих лесоводственных правил существуют ограничения на площадь лесосеки, нормируются сроки примыкания лесосеки и характер соотношения вырубаемых участков в пространстве. В целях упрощения отвода лесосек принято разбивать массив на участки «линейно-прямоугольных» очертаний. В результате приходится «резать по живому»: увеличиваются протяженности искусственных стен леса и продолжительность их сохранения. В таких условиях неизбежны нарушения внутрибиогеоценотических и межбиогеоценотических потоков вещества и энергии, влекущих существенный экономический и экологический ущерб.

Важность повышения эффективности хозяйствования в лесах с учетом ландшафтной их неоднородности нашел живые подкрепления в учениях о генетической (Б.П. Колесников на Урале) и динамической (И.С. Мелехов на Европейском Севере) типологиях лесов. Было установлено, что дивергентный характер изменения разнообразия природы производных экосистем существенно увеличиваются в условиях усложненного рельефа. При этом усложняются вопросы выявления причин неоднородности свойств производных экосистем.

Весьма убедительным доводом в пользу развития ландшафтно-географических представлений о природе свойств и распространения лесов явились результаты исследований взаимоотношений лесной растительности с промышленными выбросами вредных веществ [4,5]. При осуществлении закономерностей воздействия поллютантов на лесные экосистемы, при характеристике изменений связей состояния лесных сообществ с разными уровнями загрязнения во времени. Потребовалось вводить и обосновывать «числом и мерой» понятия: «удаленность от источника загрязнения», «удаление от оси распространения основных факелов выбросов», «открытые» в разной степени и «закрытые» разного уровня защищенности от эмиссий склоны, значения «абсолютных отметок», «склоны разной экспозиции» при разных абсолютных отметках и т.п. Интерес к ландшафтному осмыслению ПТК лесов в определенной мере был подогрет поворотом на «арктический вектор» направлений исследований природных условий в САФУ.

Ландшафтные представления о лесе, развиваемые на кафедре лесоводства САФУ, не могли не приобрести определенные акценты в подходах обсуждаемому направлению, исходя из отмеченных исторических и географических предпосылок [6, 8]. Практика показала необходимость внесения корректив в систему классификационных критериев лесных земель, обусловленных антропогенными их преобразованиями [7].

Известно, что широкомасштабная, на протяжении 2-3 столетий антропогенная трансформация лесов породила необходимость разработки специальных практических типологических схем производных лесов [8, 9]. Встал вопрос о составлении классификации категорий генезиса лесных экосистем [7]. Ландшафтный акцент анализа потребовал характеризовать структуру ландшафтов, местностей и типов ландшафта по иерархической схеме, в каждом случае с лесоводственно-биогеоценотических, геоботанических и тополого-орграфических позиций. Для полновесной характеристики урочища, ландшафтной местности, типа ландшафта, ландшафтного района первоначально необходимо рассматривать в комплексе разные совокупности категорий лесного фонда и более детально структуру категорий генезиса лесных экосистем. Каждый перечень категорий происхождения в пределах любого таксона является следующим шагом в выявлении ландшафтно-экологической структуры лесных земель необходимо оценить формационную структуру лесов разные разновидности производных насаждений, условно коренные и разного типа насаждения смешанного происхождения. Структура лесных земель разного происхождения с учетом структуры нелесных ПТК - оказывается наиболее полной характеристикой хозяйственно значимой оценки ландшафта.

Развитию исследований ландшафтной организации лесов Севера способствовало появление в практике лесоустройства компьютерной программы «Corel-Xara-2», используемой при уточнении

площадей лесных выделов при дешифрировании снимков. Программа позволяет совмещать в одном масштабе план лесонасаждений (планшет лесного плана) с топографической картой. Оказалась доступной характеристика ряда важных орографических факторов каждого лесного выдела.

Природа ПТК лесных урочищ, местностей и других категорий ландшафтной организации существенно расширяется при пополнении структуры категорий генезиса насаждений (лесных выделов) орографическими их параметрами (абсолютная отметка, базис эрозии, экспозиция склона, уклон, направление стока). Оказалось весьма эффективно оценку орографических параметров лесных насаждений производить с применением

Эта характеристика урочища, ландшафтной местности, типа ландшафта, пополняет лесотаксационную их характеристику в разных пространственных масштабах.

Масштабность ландшафтно-географического подхода к исследованиям лесов потребовала изменения методологии и методических приемов исследований. Невозможность применения традиционных статистических критериев побудила для обеспечения достоверных результатов использовать наряду с полевыми натурными обследованиями массовых материалов лесоустройства.

Литература

1. Гуторович И.И. Заметки северного лесничего // Лесн. журнал .1897. Вып.
2. Коржинский С.И. Северная граница черноморской области восточной полосы Европейской России в ботанико-географическом отношении // Тр.общ-ва естествознания при Казанском университете. Казань. Т. XVIII. вып. 5. 1988. 8 стр.
3. Рысин Л.П. Биогенотические аспекты изучения леса [Монография] М.: Товарищество научн. изданий .2013. 290 с.
4. Цветков В.Ф., Цветков И.В. / Лес в условиях аэротехногенного загрязнения. [Монография]. Архангельск. Арханг. ЦЕНТР РГО. 2003. 354 с.
5. Цветков В.Ф., Цветков И.В. Промышленное загрязнение окружающей среды и лес/ [Монография] /Архангельск: АГТУ. 2012. 312 с.
6. Маслова Н.А., Андриянов В.В. К изучению лесоводственно-ландшафтной организации лесных земель Сийского лесопарка. / Материалы научной конференции с международным участием «Экологические проблемы северных регионов и пути их решения». Ч.1 Апатиты. Институт проблем промышленной экологии Севера. Кольск. Н.Ц. 2014. С.205-209.
7. Андриянов В.В., Цветков В.Ф. Масштабы и глубина антропогенной трансформации лесов северной тайги (на примере Ракульского лесничества/ Материалы научной конференции с международным участием «Экологические проблемы северных регионов и пути их решения». Ч.1 Апатиты. Институт проблем промышленной экологии Севера. Кольск. Н.Ц. 2014. С.51-55.
8. Тажикенова Н.А., Цветков В.Ф. Особенности ландшафтно-экологической организации лесов бассейна р. Сояна/ Материалы научной конференции с международным участием «Экологические проблемы северных регионов и пути их решения». Ч.2. Апатиты. Институт проблем промышленной экологии Севера Кольск. Н.Ц. 2014. С.76-79.
9. Определение типов производных лесов/ Составители: В.Н. Федорчук, Г.М. Мельницкая, Е.В. Захаров Л.: ЛенНИИЛХ. 1981. 48 с.
10. Руководство по выделению групп производных типов леса в лесной зоне Европейской части РСФСР. М.: Госкомлес ВНИИЛМ. 1981. 20 с.

СЕКЦИЯ 4. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА УПРАВЛЕНИЯ БАЛАНСОМ УГЛЕРОДА ЛЕСОВ

ЭМИССИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ОТ ДРЕВЕСНОГО ДЕБРИСА ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ВАЛДАЙСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Абрамов А.С.¹, Гитарский М.Л.², Голов В.Н.¹, Коротков В.Н.², Шитиков С.А.¹

¹Университет «Дубна» (филиал «Угреша»), г. Дзержинский;

²ФГБУ «ИГКЭ Росаэромета и РАН», г. Москва

m.gitarskiy@gmail.com

Исследования проводили в летний период 2014 г. на исследовательском полигоне «лог Таежный» Валдайского филиала ФГБУ «Государственный гидрологический институт» (57°57.76' с.ш., 33°20.34' в.д., 218 м над уровнем моря). Полигон расположен на территории национального парка «Валдайский» (Новгородская область). По ботанико-географическому положению район исследований находится на границе зон южной тайги и хвойно-широколиственных лесов и, согласно лесорастительному делению, относится к району хвойно-широколиственных лесов Европейской части РФ [1].

Объектами исследований были следующие типы лесных экосистем – ельник мелкотравно-зеленомошный, заболоченный березняк с елью травяно-сфагновый и окно распада елового древостоя. По доминантной классификации окно распада представляет собой рябинник крупнопоротниково-малиновый, сформировавшийся на месте выпавшего в 2002-2003 гг. ельника. Во всех типах экосистем были выбраны фрагменты разной степени разложения древесных остатков (дебрис) преобладающей в древостое породы и выполнены измерения величины атмосферной эмиссии диоксида углерода (CO₂) от них. У каждого фрагмента определяли породу и стадию разложения по классификации М.Е. Тарасова [3]. В ельнике и березняке были обнаружены все стадии разложения древесного дебриса. В окне распада были идентифицированы древесные остатки ели лишь 2-ой, 3-ей и 4-ой стадий разложения.

Интенсивность выделения CO₂ древесным дебрисом измеряли камерным методом. Во фрагменты древесных остатков врезали непрозрачные открытые пластиковые камеры цилиндрической формы диаметром 10 см и высотой 9–15 см. Камеры устанавливались на трех различных фрагментах каждой стадии разложения. Во время измерений камеры закрывались герметичной крышкой. Регистрацию концентраций CO₂ в камерах осуществляли портативным инфракрасным газоанализатором AZ 7752 фирмы AZ Instrument (КНР). Разрешение прибора составляет 1 ppm, рабочий диапазон измерений CO₂: 0–2000 ppm. При каждом измерении фиксировали температуру воздуха и внутреннюю температуру древесных остатков, а также изменение концентрации диоксида углерода в камерах. Продолжительность экспозиции во всех случаях составила 3 мин. На каждом выбранном объекте было выполнено в общей сложности три цикла измерений CO₂. Для расчета изменения массы CO₂ в камере за время экспозиции использовали выражение на основе уравнения Менделеева-Клапейрона [2]. Анализ связи интенсивности эмиссии CO₂ с состоянием окружающей среды проводили на основе корреляционного анализа. Математическую обработку полученных данных выполняли при помощи пакета MS Excel. Как показали результаты измерений, интенсивность потока CO₂ зависит от стадии разложения древесных остатков. Эмиссия диоксида углерода от елового дебриса изменялась от 15.0±4.1 г CO₂ м⁻² сут⁻¹ для первой стадии разложения до 3.2±0.8 г CO₂ м⁻² сут⁻¹ для пятой стадии разложения. Наибольшая величина потока CO₂ была обнаружена у березового дебриса второй стадии разложения – 20.0±11.6 г CO₂ м⁻² сут⁻¹, а наименьшая – у первой стадии разложения – 3.0±1.8 г CO₂ м⁻² сут⁻¹. При этом интенсивность выброса также последовательно уменьшалась от третьей до пятой стадий, величина потока CO₂ для которой составила 3.8±2.0 г CO₂ м⁻² сут⁻¹. В окне распада величины потоков не показали заметной зависимости от степени разложения: их значения для второй, третьей и четвертой стадий разложения елового дебриса составили 4.7±2.4; 9.6±5.3 и 4.2±1.5 г CO₂ м⁻² сут⁻¹ соответственно.

Анализ связи эмиссии CO₂ и температуры воздуха не позволил выявить однозначной зависимости ни для одной из рассмотренных экосистем. Изменения эмиссии в зависимости от внутренней температуры древесных остатков проявляли разнонаправленную динамику: для отдельных стадий разложения елового дебриса интенсивность эмиссии падала с ростом температуры древесных остатков, однако в большинстве случаев не проявляла значимых изменений. В ходе дальнейших исследований предполагается уточнить полученные результаты измерений потоков CO₂ и продолжить изучение связи интенсивности эмиссии с температурными характеристиками окружающей среды.

Литература

1. Национальные парки России: Справочник / Под ред. И.В. Чебаковой. М.: ЦОДП, 1996. 198 с.
2. Сафонов С.С., Карелин Д.В., Грабар В.А., Латышев Б.А., Грабовский В.И., Уварова Н.Е., Замолодчиков Д.Г., Коротков В.Н., Гитарский М.Л. Эмиссия углерода от разложения валежа в южнотаежном ельнике // Лесоведение, 20126 № 5, С. 44-49.
3. Тарасов М.Е. Роль крупного древесного детрита в балансе углерода лесных экосистем Ленинградской области // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб.: СПбНИИЛХ, 2000. 21 с.

РОЛЬ ТАЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ В РЕГУЛИРОВАНИИ УГЛЕРОДНОГО БАЛАНСА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ

Бобкова К.С., Галенко Э.П., Тужилкина В.В., Осипов А.Ф., Кузнецов М.А.
ИБ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
bobkova@ib.komisc.ru

Лесные массивы европейского Северо-Востока России имеют исключительно важное экономичное и средообразующее значение. Они распространяются в основном на территории бассейна р.р. Печоры и Северной Двины. Основные направления изменения лесных ресурсов в регионе в последние 50 лет связаны с развитием лесозаготовительной промышленности и отчуждением лесных площадей для нефте- и газодобычи, транспортировки и переработки углеводородного сырья. Лесные насаждения располагаются в подзонах крайнесеверной, северной и средней тайги. В крайнесеверной тайге преобладают леса сфагновой, в северной - долгомшной, в средней - зеленомшной группы типов. Доминируют еловые леса (52%), большая часть которых представлена спелыми и перестойными насаждениями. Сосновые насаждения занимают 26 %, мелколиственные – 21, лиственничные, кедровые, пихтовые - менее 1% лесопокрытой площади [4]. Пулы и потоки углерода определяли в основных типах лесных экосистем северной и средней подзон тайги.

Запасы углерода в спелых и перестойных ельниках составляют 110 - 215 т га⁻¹, более половина которых концентрируется в почве. Значительная часть органического углерода почвы аккумулируется в лесной подстилке. Старовозрастные еловые сообщества, характеризующиеся сложным составом разновозрастностью древостоев, удовлетворительным естественным возобновлением, как в подзоне северной, так и средней тайги являются в основном резервуаром для стока углекислого газа. Нетто-продукция фитомассы в них составляет 2.8 - 8.2 тга⁻¹ или 1.3 - 4.0 тСга⁻¹. С опадом возвращается в почву 1.2-3.2 тСга⁻¹. Прирост органического углерода в почве ельников за счет закрепления его в минеральном субстрате составляет менее 10% от массы годового опада. Основная часть потери углерода приходится на эмиссию от разложения растительных остатков. Соотношение поступающего потока и эмиссии CO₂ показывает, что большинство типов коренных еловых сообществ служат местом хотя слабого, но стока углерода. Лишь в отдельные периоды развития старовозрастных ельников заболоченных типов северной тайги могут служить слабым его источником. Выявлено большое влияние погодных условий сезона на процесс выделения CO₂ с поверхности почвы. Разница гидротермических условий обуславливает и разные величины эмпирического выделения за вегетационный сезон углерода (2.3 - 2.7 тС-CO₂). Определен основной тренд процесса выделения CO₂, его положительная корреляция с температурой и отрицательная с влажностью почвы. Лимитирующее влияние с влажности почвы особенно проявляется в начале лета, когда сохраняются запасы остаточных талых вод и поздней осенью, в период дождей. В коренных ельниках в углеродном цикле значительна роль крупного древесного детрита. Запас органического вещества древесного дебриса в них варьируют от 19 до 35 тга⁻¹, из которых на долю сухостоя приходится от 5 до 42% валежа – от 20 до 80, пней и остолопа от 1 до 32%.

Фитоценозы сосновых экосистем так же, как и еловые, характеризуются невысокими темпами накопления органического вещества. 30-летние северотаежные сосняки в зависимости от условий произрастания продуцируют от 1.5 до 2.8 , спелые - от 2.3 до 4.2 т га⁻¹ углерода в год. В спелых и перестойных экосистемах сосняков европейского Северо-Востока аккумуляция углерода в зависимости от типа леса составляет 90-220 т га⁻¹, из них 35-74 % концентрируется в почве. С опадом на поверхность почвы поступает в молодняках 0.7 - 1.4, в средневозрастных и спелых 1.7-2.7 тСга⁻¹ в год. Скорость деструкции отдельных компонентов опада в разные годы различна и зависит от климатических условий вегетационного периода. В хвойных сообществах северной тайги за год разлагается менее 26, средней менее 34% массы поступившего опада. Несмотря на то, что в обменных процессах северотаежных и заболоченных хвойных сообществ значительную роль выполняют растения нижних ярусов фитоценоза, чистую продукцию фитомассы (углерода) формируют древостои. В суходольных типах леса величина NPP выше, чем в заболоченных. Ведущую роль в продукционном процессе выполняют почвенно-экологические факторы. На фоне недостатка тепла в лишайниковых

типах сообществ определяющими являются условия трофности, сфагнофых – аэрации. Ельники и сосняки на автоморфных почвах характеризуются относительно благоприятным режимом трофности и увлажнения. Они отличаются более высокими показателями биопродукции.

Производные лиственные и лиственно-хвойные экосистемы, формирующиеся после рубок, характеризуются более интенсивными, чем хвойные, обменными процессами в системе фитоценоз – почва. В данных сообществах за год разлагается примерно половина массы поступающего опада, отмечается относительно высокие темпы депонирования углерода. Так, NPP в среднетаежных березовых молодняках первого - второго классов возраста составляет 1.5-2.3, 30-35-летних смешанных березово-осиновых фитоценозах – 3-4, достигая в 45-летнем осиново-березовом насаждении 6.7 тСга⁻¹ в год. В 90-летнем в хвойно-лиственном ценозе NPP равен 4.9 тСга⁻¹. Продуктивность фотосинтеза определяется как интенсивностью поглощения CO₂, так и его длительностью. Установлено, что летом в дни с переменной облачностью среднесуточная интенсивность видимого фотосинтеза за час в расчете на одни грамм сухой массы у ели составляет 0.87, сосны – 2.0, лиственницы – 4.72, березы – 8.85 мг CO₂. В пасмурные дни растения поглощает углекислый газ в процессе фотосинтеза в 1.3 раза меньше. Летом в период белых ночей в условиях северной тайги фотосинтез у хвойных идет почти круглосуточно, а в средней тайге – 17-20 час, что компенсирует короткий период вегетации на севере [5].

Расчеты на основе материалов лесного фонда [4] и конверсионных отношений продукция фитомассы/запас древесины показали, что в лесных фитоценозах европейского Северо-Востока России в пределах Архангельской области за год накапливается 44.9, Вологодской – 19.9, Республики Коми – 66.5 млн т С [1], что в сумме составляет около 30% запасов углерода ежегодно депонируемого в насаждениях европейской территории России [2,3].

Работа выполнена при финансовой поддержке программы 16 Президиума РАН, проект «Углеродный цикл...», гранта РФФИ № 10-04-00067а.

Литература

1. Бобкова К.С., Галенко Э.П., Тужилкина В.В. Годичное депонирование углерода в лесных насаждениях европейского Северо-Востока России // Эмиссия и сток парниковых газов на территории северной Евразии. Пушино. ОНТИ ПНЦ РАН, 2004. С.70-74.
2. Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Честных О.В., Коровин Г.Н., Зукерт Н.В. Леса России как резервуар органического углерода биосферы // Лесоведение, 2001. №5. С.8-23.
3. Лебков В.Ф., Каплина Н.Ф. Оценка массы и структуры годичного стока углерода в лесных экосистемах европейской части России // Эмиссия и сток парниковых газов на территории северной Евразии. Пушино. ОНТИ ПНЦ РАН, 2004. С.60-64
4. Лесной фонд России. М. 2003. 260 с.
5. Тужилкина В.В. Углекислотный газообмен фотосинтетического аппарата древесных растений в спелом еловом фитоценозе северной тайги // Экология, 2006. №2. С. 95 – 99.

ЗАПАСЫ И ПРОДУКЦИЯ ДРЕВЕСНОГО ЯРУСА ОЛИГОТРОФНЫХ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Головацкая Е.А.

*ИМКЭС СО РАН, г. Томск, Томский государственный университет, г. Томск
golovatskaya@imces.ru*

Заболоченность территории Западной Сибири очень высока, и болотные экосистемы олиготрофного типа занимающие обширные водораздельные пространства играют важную роль в углеродном балансе. Однако продукция болотных экосистем изучена гораздо слабее по сравнению с другими зональными типами растительности. Исследования биологической продуктивности болотных экосистем, в основном, посвящены исследованию травяно-кустарничкового и мохового ярусов, тогда как продуктивность древесного яруса до сих пор слабо изучена [3-6]. На верховых болотах деревья не имеют хозяйственной ценности и продукция древесного яруса невелика, что видимо, и является основной причиной недостаточного внимания к древесному ярусу болот. Однако для оценки баланса углерода в болотных экосистемах исследование продукции и запасов биомассы с учетом древесного яруса является актуальной задачей.

Цель исследования оценка запасов фитомассы и продукции древесного яруса олиготрофных болот южно-таежной зоны Западной Сибири.

Определение характеристик древостоя проводили в сосново-кустарничково-сфагновых экосистемах - низком ряме олиготрофного Бакчарского болота (Бакчарский район Томской области) и на рямовых участках Кирсановского и Тимирязевского болот (Томский район Томской области)

методом сплошного перечета деревьев на пробных площадках. Всего было заложено по 5 учетных площадок площадью 25 м² каждая в каждой исследуемой экосистеме. На площадках определялось количество деревьев, видовой состав, количество сухостоя, диаметр стволов на высоте 1,3 м и на уровне мохового покрова, высота деревьев, полнота древостоя. Вблизи площадок было выбрано по 15 модельных деревьев, репрезентативно представляющих древостой исследуемого участка, масса которых учитывалась непосредственно на болоте. Модельные деревья разделялись на фракции: стволы, ветки, хвоя, хвоя последней генерации, побеги текущего года, шишки. Для пересчета сырого веса на абсолютно сухой от всех фракций брались навески на влажность. Средний прирост ствола определялся на основании данных по запасам фитомассы ствола и возраста дерева, прирост веток по запасам фитомассы веток и возраста кроны, определенного при анализе ствола на ход роста по высоте. Годичный прирост каждого модельного дерева определялся как сумма веса хвои последней генерации, прироста веточек текущего года, прироста ствола и веток. Для определения запаса фитомассы древесного яруса на единицу площади и годичной продукции древесного яруса на единицу площади использовали данные по запасу фитомассы и продукции модельных деревьев и доли этих деревьев в древесном ярусе.

Формула древостоя для всех исследуемых рямов одинакова - 10СедК. Средняя высота древесного яруса на низком ряме Бакчарского болота – 1.4 м, средний диаметр на высоте шейки корня – 1.4 см. Всего на пробной площадке располагается 157 деревьев, а на 1 га – 12560 с преобладанием тонкомера. Сумма площадей сечений стволов на высоте 1,3 м в пересчете на 1 га составляет 3.78 м². Около 79% деревьев с толщиной стволов 1–2 см. Имеется сухостой сосны в количестве 1200 стволов на 1 га. Древостой разновозрастный от 30 до 180 лет. Средний возраст древостоя 60 лет. Подрост представлен в основном сосной, лишь единично встречается возобновление кедра. Выделение подроста затруднительно из-за отсутствия четкого различия между деревьями основного полога и подроста. К подросту условно относили экземпляры высотой менее 0,6 м (половина средней высоты древесного яруса) и диаметром ствола на уровне шейки корня менее 1 см. Распределение подроста сосны куртинное, в основном на повышениях микрорельефа. Численность подроста очень высока и составляет 19600 штук на 1 га.

Средняя высота древесного яруса Кирсановского болота - 4 см, средний диаметр 5.3 см, количество деревьев составляет 10080 штук на га. Около 55% деревьев с толщиной стволов от 2 до 10 см. Имеется сухостой сосны в количестве 480 стволов на 1 га. Сумма площадей сечения стволов - 44 м²/га. Древесный ярус разновозрастный от 20 до 200 лет, средний возраст составляет 50 лет. Подрост сосны распределен неравномерно: большая часть молодых деревьев растет на повышениях микрорельефа. Численность подроста составляет 18 деревьев на пробную площадь или 1440 штук на 1 га, причем более 80 % деревьев приходится на подрост высотой 1.5–2 м.

Численность деревьев на Тимирязевском болоте составляет 11920 шт./га с преобладанием тонкомера. Имеется сухостой сосны в количестве 1400 стволов на 1 га. Средний диаметр стволов – 4.1 см, средняя высота – 3.3 м. Сумма площадей сечения стволов почти в два раза ниже по сравнению с Кирсановским болотом и составляет 25 м²/га. Возраст древостоя варьирует от 30 до 200 лет, в среднем составляя около 60–70 лет. Подрост представлен в основном сосной, численность подроста в среднем 10400 штук на 1 га, причем более 90% деревьев приходится на подрост высотой ниже 1 м.

Исследование запасов фитомассы и продукции древесного яруса низкого ряма Бакчарского болота показало, что в зависимости от размеров дерева запасы биомассы изменяются от 300 до 4000 г, в среднем для древесного полога составляя 672 г/м². Основная часть биомассы сосредоточена в стволах (в среднем 53 %) На долю хвои в запасах биомассы приходится около 19%. Типичные деревья, образующие полог на Кирсановском болоте, имеют надземную массу от 3.4 до 73.3 кг. Наибольшая часть органического вещества у деревьев сосредоточена в стволах – 84%. Запасы хвои составляют в среднем около 5%. Средний запас надземной фитомассы древостоя в среднем составляет 18722 г/м², фотосинтезирующая фитомасса составляет всего лишь 875 г/м². На Тимирязевском болоте запасы фитомассы древесного яруса значительно ниже по сравнению с рямом Кирсановского болота - от 140 г до 17 кг, что в среднем для древесного яруса составляет 3290 г/м².

Годичный прирост модельных деревьев низкого ряма Бакчарского болота изменяется от 6 до 450 г на дерево, в среднем на единицу площади составляя 75 г/м². Продукция древесного яруса Кирсановского и Тимирязевского болот, в зависимости от фитоценоза и размера деревьев, варьирует в пределах 35-1500 г на дерево на Кирсановском болоте и 8-650 г на дерево на Тимирязевском болоте. Средняя чистая первичная продукция надземной части древесного яруса составляет 593 и 173 г/м² для Кирсановского и Тимирязевского болот соответственно, что в 8–3 раза выше по сравнению с низким рямом Бакчарского болота. Основной вклад в продукцию древесного яруса на

всех исследуемых рямах дает хвоя последней генерации – 48–62% от годового прироста. Около 17–20% дает годовой прирост ствола и 19–35% годовой прирост веток.

Таким образом, общие запасы фитомассы древесного яруса составляют на Кирсановском и Тимирязевском болотах от 92 до 74% от общего запаса фитомассы [1, 2]. На низком ряме Бакчарского болота доля древесного яруса в общих запасах фитомассы значительно ниже и составляют всего лишь 43% от общего запаса фитомассы. Вклад древесного яруса в наземную продукцию сосново-кустарничково-сфагновых фитоценозов составляет 63% на Кирсановском болоте, 35% на Тимирязевском болоте и 18% на низком ряме Бакчарского болота. Полученные результаты свидетельствуют о существенной недооценке роли древесного яруса олиготрофных болотных экосистем Западной Сибири при оценке баланса углерода в болотных экосистемах.

Литература

1. Головацкая Е.А. Запасы биомассы и чистая первичная продукция олиготрофных болот // «Резервуары и потоки углерода в лесных и болотных экосистемах бореальной зоны». Тезисы докладов международной научной конференции. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2011. С. 32–34.
2. Головацкая Е.А., Волознева М.В., Порохина Е.В. Запасы и продукция древесного яруса Кирсановского болота // «Болото и биосфера»: материалы VII Всероссийской с международным участием научной школы (13–15 сентября). Томск: Изд-во Томского государственного педагогического университета, 2010. С. 162–166.
3. Козловская Л.С., Медведева В.М., Пьявченко Н.И. Динамика органического вещества в процессе торфообразования. Л.: Наука ЛО, 1978. 172 с.
4. Косых Н.П., Махатков И.А. Структура растительного вещества в лесоболотных экосистемах средней тайги Западной Сибири // Вестник ТГПУ. 2008. Выпуск 4 (78). С. 53–57.
5. Махатков И.Д., Косых Н.П., Романцев С.А. Запасы фитомассы и годичная продукция верховых болот средней тайги // «Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее» Материалы Второго международного полевого симпозиума. Томск: Изд-во НТЛ, 2007. С.112–115.
6. Храмов А.А., Валуцкий В.И. Лесные и болотные фитоценозы Восточного Васюганья. Новосибирск: Наука СО, 1977. 219 с.

БАЛАНС УГЛЕРОДА В СТАРОВОЗРАСТНЫХ ЛЕСАХ: РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Грабовский В.И.
ЦЭПЛ РАН, г. Москва
wgrabo@mail.ru

Анализируется роль старовозрастных лесов в углеродном бюджете лесов России. Новые данные о росте древостоев подвергают сомнению идею о нулевом приросте старовозрастных лесов. В связи с этим рассмотрены два ключевых вопроса: 1) можно ли принять допущение о приросте биомассы в старовозрастных лесах на основании данных из Государственного Лесного Реестра (ГЛР) и 2) какие последствия на углеродный баланс лесов России в целом окажет такое допущение. Анализ данных ГЛР и процедур расчета таблиц хода роста на их основе на первый вопрос позволил дать положительный ответ. Ответ на второй вопрос получен с использованием в качестве инструмента прогноза канадской модели бюджета углерода лесов CBM-CFS3. Было найдено, что за 50 прогнозных лет биомасса старовозрастных лесов при росте в 2% возрастет на 5%, а при росте в 5% в год возрастет на 23%, что составит по РФ в целом величины 1.3 и 6.8 гТ углерода соответственно. Таким образом, роль старовозрастных лесов в углеродном бюджете может быть кардинально пересмотрена, что должно учитываться при принятии лесохозяйственных решений.

ЭКОСИСТЕМНЫЕ ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА ПРИ ЛЕСНОМ И БЕЗЛЕСНОМ ВАРИАНТАХ РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИИ

Каганов В.В.
ЦЭПЛ РАН, г. Пущино
saganss@rambler.ru

В работе рассматривается вопрос влияния лесных насаждений на запасы углерода в почве и экосистеме в целом. На примере зонального ряда из 9 объектов (от южной тайги до полупустыни) даны количественные характеристики пулов углерода по двум ключевым участкам, расположенным в одних климатических и почвенно-геоморфологических условиях и различающихся лишь по типу

развития растительного покрова. Были получены данные по запасам углерода в почвах, после чего достоверность различий средних значений запасов углерода по слоям почвы во всей выборке объектов проверялась с помощью парных критериев Стьюдента с уровнем значимости, равным 0.05. Также по результатам исследования выполнена статистическая обработка полученных данных, отображающих характер воздействия лесной растительности на запасы углерода во всей экосистеме. На основании имеющихся данных по среднегодовой температуре и сумме осадков на объектах вкуче с данными по запасам углерода в почве было сформулировано уравнение, описывающее зависимости запасов углерода почв и экосистем от указанных климатических данных. Полученное уравнение было аппроксимировано в программном пакете Statistica, для этого использовалась процедура нелинейного регрессионного анализа по методу наименьших квадратов.

В результате работы был сделан ряд выводов о характере взаимосвязи древесной растительности с запасами углерода в почвенной компоненте, а также в экосистеме в условиях ЕТР.

АККУМУЛЯЦИЯ УГЛЕРОДА В КРУПНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОСТАТКАХ В ЗОНЕ ПРЕРЫВИСТОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Климченко А.В.
ИЛ СО РАН, г. Красноярск
klimchenko@mail.ru

Углерод в лесных экосистемах аккумулируется в фитомассе растений, мортмассе и почве. Напочвенный фитодетрит представляет собой комплекс фракций отмерших компонентов растений. Особой фракцией мортмассы являются крупные древесные остатки, которые характеризуются относительно сложной доступностью для заселения редуцентами, высокой концентрацией массы на единицу объёма и малой удельной поверхностью контакта с окружающей средой. В накоплении углерода в бореальных лесах в зоне распространения многолетней мерзлоты крупные древесные остатки (КДО) играют особую роль, в связи с медленной и сезонно-подавленной деструкцией органического вещества, сдерживающей возврат углерода в атмосферу. Данных по запасам углерода в КДО в лесах с малой хозяйственной вовлечённостью, которые в основном выполняют средообразующие и средостабилизирующие функции явно недостаточно, что предопределяет актуальность исследований по данной проблеме в северных регионах.

Целью данной работы являлась оценка запасов углерода аккумулированного в крупных древесных остатках в преобладающих типах леса в зоне прерывистого распространения многолетней мерзлоты Средней Сибири.

Исследования проводились в Байкитском лесорастительном округе горных среднетаёжных лесов [2] в среднем течении р. Подкаменная Тунгуска в районе п. Байкит. Преобладающими по площади насаждениями являются лиственничные и темнохвойные разновозрастные леса, которые в большей степени представлены спелыми и перестойными стадиями. В данной работе изучение запасов углерода в крупном фитодетрите проводилось в 200-летнем елово-кедровом насаждении зеленомошной группы типов леса и в 200-летнем лиственничнике кустарничково-зеленомошном.

Общий запас углерода аккумулированного в крупных древесных остатках в перестойном темнохвойном насаждении составил 11.3 тС га^{-1} , при этом на пни приходится около трети всего запаса. В общей структуре напочвенного фитодетрита 32% приходится на КДО. В лиственничнике запас углерода КДО составил около 2.5 тС га^{-1} 78%, которого составляют крупные ветви лиственницы. В составе всего напочвенного мертвого органического вещества лиственничника доля крупного древесного детрита составляет всего около 11%. Согласно модельным результатам [1], для перестойных возрастных групп получена средняя величина запасов КДО равная 9.1 тС га^{-1} , что хорошо согласуется с представленными в данной работе результатами.

Таким образом, перестойное темнохвойное насаждение в крупных древесных остатках аккумулирует углерода в 4.5 раза больше, чем светлохвойное насаждение того же возраста. Вероятно, что более низкие запасы КДО в лиственничном насаждении связаны с более высокой частотой пожаров и высокой резистентностью лиственницы к пирогенному воздействию.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (13-04-01482, 154).

Литература

1. *Замолодчиков Д.Г.* Оценка пула углерода крупных древесных остатков в лесах России с учётом влияния пожаров и рубок // Лесоведение. 2009. №4. с.3-15.
2. Лесные экосистемы Енисейского меридиана / Плешиков Ф.И., Ваганов Е.А., Ведрова Э.Ф. и др. Новосибирск: СО РАН, 2002. 356с.

БИОТРАНСФОРМАЦИЯ ЛИГНИНА В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

Ковалев И.В.

МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва

kovalevmsu@mail.ru

Экосистемы лесной зоны - главные элемент биосферы, где идет активный сток углекислого газа в почву (Л.О. Карпачевский, «Экосистемы России, 2007»). И это несмотря на то, что тропические леса занимают 1.7 млрд. га (FAO, 2005). Комплексная ароматическая структура и гидрофобные свойства лигнина, а также его высокая биохимическая стабильность определяют уникальную роль этого биополимера в процессах гумификации и планетарном круговороте углерода. Учитывая, что лигнин содержит на 50 % больше углерода на единицу веса, чем составляющая 57-77 % опада целлюлоза, можно утверждать, что устойчивое к биохимическому разложению обсуждаемое соединение тем самым выводит углерод из кругооборота на значительные периоды времени. Так ли это?

Цель работы – выявление закономерностей поступления, состава и трансформации лигнина и его производных в тканях растений – подстилках – почвах некоторых лесных экосистем. **Объекты исследования:** леса из сосны, лиственницы, кедра, ели, пихты (50 км от г. Красноярск, образцы предоставлены проф. W. Zech); южнотаежные березо-осиновые леса Коломенского ополья Московской области; дубово-липовые широколиственные леса («Тульские засеки») на серых почвах; березовые колки лесостепи Брянской области на агросерых почвах; тропический лес Амазонии на красноземах (Бразилия); аридные экосистемы вертикальных природных зон Тянь-Шаня; гумидные экосистемы Северного Кавказа.

Основные методы – 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 малогумусные горизонты, в конкреционных новообразованиях, препаратах гуминовых кислот, гранулометрических фракциях почв [1, 2]. Щелочное окисление исследуемых образцов оксидом меди дало 11 фенолов, которые сгруппированы по их химической природе в 4 структурных семейства: ванилиновые (V), сирингиловые или сиреневые (S), п-кумаровые (C) и феруловые фенолы (F). Сумма продуктов окисления (VSC) отражает общее содержание лигнина в образце.

Результаты. Разные типы растительных тканей (голосеменные и покрытосеменные, древесные и недревесные, надземные и подземные) имеют контрастные «лигниновые параметры». Мы подтвердили существующие закономерности и обнаружили в наших образцах 3 известных типа лигнина. Во-первых, лигнин хвойных растений (мягкий древесный лигнин) содержит ванилиновые (гваяциловые) фенолы в качестве основной структурной единицы – до $60 \text{ мг г}^{-1} C_{\text{орг}}$ можжевельника и до $80 \text{ мг г}^{-1} C_{\text{орг}}$ – в опаде пихты. Сиреневые и цинамиловые кислоты и альдегиды в хвое практически отсутствуют и отношение $S/V = 0$. Впервые установлен химический состав лигнина из тканей можжевельника. Соотношение VSC в нем составил - 41:1:2. Во-вторых, лигнин лиственных деревьев (тяжелый древесный лигнин), преимущественно состоит из примерно равного количества ванилиновых (гваяциловых) и сирингиловых структур. При этом лигнин тканей лиственных пород горных лесов Кавказа (бук, каштан), почти не отличается от лигнина листвы пород умеренного пояса и орехово-плодового горного леса Тянь-Шаня и содержит действительно близкие количества ванилиновых и сирингиловых фенолов. Содержание циннамиловых фенолов близко к 0. В мелколиственных породах умеренного пояса композиционные соотношения – 4:4:1 2:1:1, а в тканях широколиственных растений 8:2:1. Минимум кумаровых и феруловых фенолов и нехарактерные для широколиственных пород следовые количества сиреневого альдегида обнаруживает опад тропических древесных растений Амазонии. П-кумаровые кислоты отсутствуют и в древесине хвойных растений – сосны и можжевельника. Третий тип лигнина – это лигнин травянистых растений, которым присуще наибольшее количество циннамиловых структурных единиц: их содержание в степных и луговых злаках и разнотравья возрастает до 20-30 мг/г углерода, что в 4-6 раз больше, чем у древесных растений.

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. Хотя композиционно подстилки повторяют характерные для живых тканей закономерности: подстилки хвойных пород характеризуются накоплением ванилиновых (гваяциловых) фенолов – до $33 \text{ мг г}^{-1} C_{\text{орг}}$ под кроной можжевельника, - и сохраняют тенденцию к меньшему содержанию сирингиловых и кумариловых структур. Подстилки лиственных пород 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 (VSC) характерно для буково-грабово-каштанового опада с 10, 4 до 2.2 мг/г углерода; опада в берёзовой роще с 24.5 до 10.9 мг/г углерода; в осиновой роще – с 9.3 до 1.6 мг/г углерода. Типичные структурные фрагменты лигнина еще долго узнаваемы в почвах [3]. Например, в серых лесных почвах Коломенского ополья величина отношения сиригиллов к ванилинам S/V отношения около 1. Эти цифры соответствуют значениям, типичным для свежих тканей березы, характеризующихся эквивалентным вкладом сиригилловых и ванилиновых единиц. Почвы «Тульских засек» характеризуются отношением сиригилловых 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%, в лесостепи – 9-10%, в черноземах – 10-12% и, достигая максимальных значений в красноземах тропического леса до 30-50%, то есть 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 Красноярск) количество лигнина в почвах уменьшается по сравнению с естественными аналогами.

Исследования выполнены при финансовой поддержке DAAD в Байройтском университете ФРГ, грантов РФФИ №№ 08-04-00809-а, 09-04-00747-а, 11-04-00453-а

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. Ковалева Н.О., Ковалев И.В. Биотрансформация лигнина в дневных и погребенных почвах разных экосистем // Почвоведение, 2009. № 11. С. 84-96.
3. Ковалев И.В., Ковалева Н.О. Лигнин в почвах как молекулярный индикатор палеорастительности //Электронный журнал «Доклады по экологическому почвоведению», 2013, выпуск 18, № 1, с. 235-262. <http://soilinst.msu.ru>

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА УГЛЕКИСЛОТНОГО ГАЗООБМЕНА СТВОЛА ЕЛИ СИБИРСКОЙ

Кузин С.Н.
ИБ КомиНЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
kuzin@ib.komisc.ru

Дыхание ствола является одной из компонент углеродного баланса древостоя и физиологических показателей состояния дерева. Интенсивность дыхания зависит от состояния дерева, его места произрастания и климатических условий [3, 5].

Исследования проводились в ельнике чернично-сфагновом на территории Ляльского лесозоологического стационара средней подзоны тайги (62°15'с.ш., 50°42'в.д.), Института биологии Коми НЦ УрО РАН в течение вегетации 2013г.

Объектом изучения выбрана ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb). Высота модельных деревьев ели варьирует от 22 до 26 м, возраст 150 лет.

Корковое покрытие представлено по высоте ствола как крупнопластинчатокорковое (1.3 м.), пластинчатокорковое (12 м.) и мелкопластинчатокорковое (16 м.) различной степени протяженности от основания к вершине. Описание коркового покрытия ствола выполнено по Правдину Л.Ф.[4].

Измерение эмиссии CO₂ с поверхности ствола дерева проводилось по накопительной схеме с применением анализатора LICOR-6400 в комплекте с камерой 6400-09 Soil CO₂ Flux Chamber (Li-Cor, США) и переходного адаптера, изготовленного из пластиковой трубы в соответствии с кривизной ствола места измерения. Применение накопительной схемы анализа позволяет ликвидировать погрешности измерений из-за флуктуаций концентрации CO₂ в окружающем воздухе.

Получены данные по эмиссии CO₂ с поверхности ствола в зависимости от температуры и структуры коркового покрытия.

Проведенные суточные и сезонные наблюдения показали разницу интенсивности дыхания по высоте ствола в зависимости от коркового покрытия. Соотношение интенсивности дыхания для участков ствола с мелкопластинчатокорковым (16 м) и крупночешуйчатокорковым (1.3 м) покрытием при температуре 30 °С составляет порядка 4:1.

Наиболее высокая интенсивность приходится на вторую половину июня и июль. Для крупночешуйчатокоркового (1.3 м) максимальная зарегистрированная интенсивность составила порядка 2 мкмольСО₂ м⁻¹с⁻¹. Для пластинчатокоркового (12 м) – 3.5 мкмольСО₂ м⁻¹с⁻¹, мелкопластинчатокоркового (16 м) – 8 мкмольСО₂ м⁻¹с⁻¹. При нулевых температурах интенсивность дыхания понижается до 0.2 мкмольСО₂ м⁻¹с⁻¹, и прекращается после промерзания ствола.

В суточной динамике имеется отличие в интенсивности дыхания ствола в зависимости от направленности хода температурных факторов. При уменьшении температуры интенсивность потока СО₂ имеет логарифмический характер, при увеличении температуры – экспоненциальный. В данной работе зависимости интенсивности дыхания ствола получены на основании среднесуточных трендов изменения интенсивности дыхания ствола от его температуры в местах проведения измерения за определенный период вегетации, с последующим их объединением в итоговую функциональную зависимость [1].

Полученные соотношения имеют следующие функциональные зависимости:

$$f(1.3\text{м}) = -0.00007t^3 + 0.0023t^2 + 0.0489t + 0.198$$

$$f(12\text{м}) = -0.00007t^3 + 0.0036t^2 + 0.053t + 0.2689$$

$$f(16\text{м}) = -0.0002t^3 + 0.0114t^2 + 0.1016t + 0.3245$$

где f - интенсивность дыхания ствола на высоте 1.3; 12 и 16 метров, мкмольСО₂ м⁻¹с⁻¹, t - температура ствола в диапазоне от -3 до 35 °С

Проведенные измерения и расчеты показали следующее распределение интенсивности дыхания в зависимости от структуры коркового покрытия по высоте дерева в период с апреля по ноябрь 2013г:

$f(1.3\text{м})$: 32.3; 86.1; 155.4; 187.2; 156.3; 82.6; 86.3; 25 грСО₂*мес-1*м-2, соответственно

$f(12\text{м})$: 35.5; 111.5; 208; 250.2; 202.9; 103.6; 108.2; 31.8 грСО₂*мес-1*м-2, соответственно

$f(16\text{м})$: 80.7; 233.2; 500.6; 603; 472.7; 232.3; 243.1; 46.3 грСО₂*мес-1*м-2, соответственно.

Полученные результаты показывают, что интенсивность дыхания ствола сопоставима с интенсивностью эмиссии СО₂ из почвы [2] и должна учитываться при оценке баланса СО₂ древостоя.

Литература

1. Кузин С.Н. Углекислотный газообмен ствола ели сибирской в зависимости от температуры // Материалы XI Всеросс. науч.-практич. конф.-выставки инновационных экологич. проектов с межд. участием 26–28 ноября 2013 . Киров, 2013. С. 118–119.
2. Кузнецов М.А. Динамика содержания органического углерода в заболоченных ельниках средней тайги. Автореферат дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08. Сыктывкар: Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 2010. 18с.
3. Молчанов А.Г. Интенсивность дыхания ствола в зависимости от условий произрастания.// Современная ботаника в России: Труды XIII Съезда Русского ботанического общества -Тольятти, 2013 - том 3. - С. 229-230.
4. Правдин Л.Ф. Ель европейская и ель сибирская в СССР. М., 1975. 178с.
5. Цельникер Ю.Л., Малкина И.С. Ковалев А.Г., Чмора С.Н., Мамаев В.А., Молчанов А.Г. Рост и газообмен СО₂ у лесных деревьев. М.: Наука. 1993. 256с.

ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА НА ТЕРРИТОРИИ НАРУШЕННЫХ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Махныкина А.В., Верховец С.В.
СФУ, г. Красноярск
sunlife1408@yandex.ru

Бореальные леса наиболее подвержены изменениям климата, с одной стороны, из-за восприимчивости к потеплению, с другой — из-за гораздо большего потепления в арктической зоне по сравнению с увеличением средней планетарной температуры [4].

Но не только изменения климата воздействует на леса: бореальная экологическая зона является ключевым регионом, с одной стороны, чувствительным к изменениям окружающей среды, с другой — обладающим таким размером, который сам способен существенно воздействовать на климатические условия [6].

Одним из наиболее информативных показателей, отражающих физиологическое состояние, продуктивность лесных экосистем, а также степень влияния на них основных факторов внешней среды и антропогенного воздействия является бюджет углерода. Понимание основных механизмов, регулирующих процессы накопления и расхода углерода экосистемами, является теоретической основой управления углеродным бюджетом и, следовательно, важнейшей предпосылкой разработки рациональных стратегий перехода к адаптивному лесному хозяйству и обоснованию системы мероприятий по смягчению нежелательных климатических изменений средствами лесного хозяйства. Поэтому целью данной стала оценка запасов углерода на территории нарушенных сосновых насаждений Кеть-Сымской низменности.

Район исследования находился в пределах Кеть-Сымской низменности, расположенной на левобережье р. Енисей. За период инструментальных наблюдений в районе исследования произошло увеличение среднегодовой температуры на 1.7°C за последнее десятилетие [1].

В качестве объектов исследования выбраны сосняки лишайниковые и зеленомошные, сформированные на песчаных подзолах [2]. Данный тип леса отличается повышенной эксплуатационной нагрузкой со стороны лесного хозяйства, а также испытывает частое воздействие природных нарушающих факторов – в среднем межпожарный интервал составляет в среднем 25 лет [7].

Породный состав древостоя изучаемых насаждений представлен сосной (*Pinus sylvestris* L.), редко с единичной примесью осины и сосновым подростом. Напочвенный покров в исследуемых сосняках в основном представлен мохово-лишайниковым ярусом, в видовом составе которого преобладают лишайники (*Cladonia stellaris* (Opiz) Pouzar et Vezda, *Cl. arbuscula* (Wallr) Flot), мхи (*Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Dicranum polysetum* Michx. и др.).

Для сравнительного анализа территорий после природного и антропогенного нарушения был подобран целый ряд точек по данной территории. Часть из них была выбрана из базы данных подстилающей поверхности района исследования ZOTTO Forest [3], другие пробные площади были заложены в период полевого сезона 2013 года. Все исследованные пробные площади были разбиты на группы по типу нарушения: послепожарные участки и послерубочные участки. Общее количество проанализированных пробных площадей составило 77, из которых 17 – участки, пройденные рубками главного пользования, а остальные 60 – представляют собой различные стадии послепожарной сукцессии.

Динамика запасов углерода в нарушенных биогеоценозах оценивалась посредством построения возрастного ряда для насаждений сходным по условиям произрастания и происхождению. Пробные площади группировались по классам возраста, не менее 3 по каждому классу.

Оценка запасов углерода в биогеоценозах проводилась по методике, разработанной научными сотрудниками Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН совместно с Институтом биогеохимии им. Макса Планка (г. Йена, Германия) [5]. Данная методика была опробована в рамках гранта МНТЦ 2770 «Параметры экосистемы и химия тропосферы Центральной Сибири» и Мегагранта Правительства РФ «Биогеохимия экосистем Евразии».

Перечет древостоя проводился в первом круге – сплошной, во втором и третьем - выборочный. Минимальная длина окружности деревьев, принимаемая в перечень в первом круге – 10 см, во втором – 30 см и в третьем – 60 см. На каждой пробной площади в радиусе 7.5 метров проводился сплошной учет стволового валежа и пней отдельно по породам. Подобная система позволяет значительно сократить трудозатраты, а полные данные получить путем экстраполяции данных.

Для исследования динамики запасов углерода нами были изучены лесопокрытые территории, сформированные после повального верхового пожара и сплошной рубки леса. В пределах исследуемого района запасы углерода в фитомассе древостоев варьируют в широких пределах: в послепожарных насаждениях разного сукцессионного возраста запасы меняются от 7.1 до 51.5 т С/га от молодых к перестойным древостоям соответственно. Что касается территорий, пройденных рубками главного пользования, то здесь запасы углерода варьируют от 5.8 до 46.6 т С/га от молодых к спелым древостоям.

Можно отметить достаточно планомерный рост запасов при послепожарном восстановлении, а на послерубочных участках напротив мы наблюдаем варьирование запасов на ранних стадиях развития и не согласованное их увеличения. Другой интересной особенностью является то, что в спелом возрасте запасы на послерубочных участках несколько превосходят запасы послепожарных участков, и составляют соответственно 46.6 и 33.3 т С/га.

Для того чтобы охарактеризовать влияние нарушающих факторов на фитоценоз необходимо узнать функциональную роль исследуемого насаждения. При этом нужно проследить, когда происходит смена функциональной роли и переход экосистемы из источника в сток углерода.

Для определения возраста перехода нарушенной экосистемы из источника в сток углерода мы использовали запасы углерода во фракциях надземной фитомассы, а именно содержание углерода в фитомассе древостоев и в крупных древесных остатках, поскольку данные фракции являются наиболее значимыми надземными пулами углерода. За точку отсчета мы приняли прохождение сплошной рубки леса и верхового повального пожара. Возраст перехода нарушенной экосистемы из источника в сток углерода для нарушенных территорий, принято было определять по соотношению запасов живой (древостой) и мертвой (крупные древесные остатки), т.е. когда живая фракция будет преобладать над мертвой.

В нашем исследовании возраст перехода для территорий, пройденных лесными пожарами, составил 38 ± 2 лет, а для участков, сформированных на территориях, пройденных сплошными рубками леса, этот возраст составил 27 ± 2 лет.

Отметим, что даже при нарушениях высокой интенсивности, такие как лесные пожары и сплошные рубки леса, не происходит полного уничтожения запасов всей фитомассы. Она имеет постоянные границы ниже которых ее запасы не опускаются, по нашим данным эта граница находится на уровне 15 ± 3 т С/га для послерубочных участков и 5 ± 2 т С/га для территорий, пройденных пожаром.

Подводя итог нашей работы, стоит остановиться на том, что в условиях средней тайги естественные нарушения зачастую оказывают большее нарушающее воздействие, нежели антропогенный фактор. Данный факт, с нашей точки зрения, объясняется тем, что при сплошной рубке, уничтожается большая часть живого напочвенного покрова (более 60%), а за счет этого восстановление на открытых песчаных почвах происходит быстрее. Что касается пожаров, то даже при сильном верховом пожаре, не выгорает вся фитомасса, а остается достаточно большой запас, который впоследствии разлагается и дает начало новому поколению леса. Запасы углерода в насаждении тесно связаны с темпами восстановления после различного рода нарушений и локальными лесорастительными условиями.

Литература

1. Единый государственный фонд данных о состоянии окружающей среды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://meteo.ru/>
2. Кукавская Е.А. Воздействие лесных пожаров на баланс углерода Среднетаежных сосняков енисейской равнины: автореф. дис. канд. биол. наук: 06.03.03. Красноярск, 2009. 19с.
3. FOREST Система управления базами данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://forest.sfu-kras.ru/>
4. IPCC 2007: Fourth assessment report, Climate Change: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.) IPCC, Geneva, Switzerland. p. 104
5. Schulze E.-D., Heimann M., Harrison S., Holland E., Lloyd J. Global Biogeochemical Cycles in the Climate System. Jena: Academic Press, 2010. p. 345.
6. Soja, A.J. et al 2007: Climate induced boreal change: Predictions versus current observations. Global and Planetary Change. Vol. 56. P. 274–296.
7. Wirth C., Czimczik C. I., Schulze E.-D. Beyond annual budgets: carbon flux at different temporal scales in fire-prone Siberian Scots pine forests // Tellus. 2002. №5. P. 611 – 630.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВЛЕНИЯ АЗОТА НА МИНЕРАЛИЗАЦИЮ УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ ПОД РАЗНЫМИ ДРЕВЕСНЫМИ ПОРОДАМИ

Меняйло О.В., Матвиенко А.И.
ИЛ СО РАН, г. Красноярск
menyailo@hotmail.com

Человеческая деятельность, производство азотных удобрений разбалансировали глобальный цикл азота в большей степени, чем углерода. Однако поступление азота в экосистемы, как в виде удобрений, так и с атмосферными осадками приводят к существенным изменениям в процессах не только азотного, но и углеродного цикла. Поступление азота в экосистему приводит к росту ее биологической продуктивности и накоплению углерода в растениях: для лесов умеренного и бореального пояса подсчитано, что добавление 1 кг N приводит, в среднем, к дополнительному накоплению 25 кг С в растительной биомассе. Судьба основного резервуара углерода в биосфере,

почвенного углерода, менее однозначна. Внесение азота может приводить как к накоплению, так и к потере почвенного С. Анализ литературы указывает на преобладающее накопление углерода в почве при повышенном поступлении N, вследствие подавления активности гетеротрофных микроорганизмов. Однако большинство публикаций основано на экспериментах, проведенных в Центральной Европе, США и, в последнее время, в Китае, т.е. в индустриальных странах с высоким уровнем промышленных выбросов и азотсодержащих осадков. Предполагается, что при низких или средних показателях поступления азота в экосистемы отклик процессов трансформации углерода может быть принципиально другим. В Сибири, где азотные поступления из атмосферы являются одними из самых низких в мире ($0.25-1 \text{ кг га}^{-1} \text{ год}^{-1}$), данные о влиянии азота на минерализацию почвенного углерода отсутствуют. Целью работы было изучение влияния N на активность минерализации С в почвах под разными древесными породами и лесной поляны. В работе показано, что добавление азота приводит к увеличению активности гетеротрофных микроорганизмов, разлагающих органическое вещество почв. Данные свидетельствуют, что почвы Сибири, даже вблизи промышленных центров, таких как Красноярск, не испытывают азотного загрязнения, и поэтому, эффект от внесения азота в почву носит принципиально иной характер, по сравнению с почвами промышленно развитых стран с высоким поступлением азота из атмосферы в почву. Почвенные образцы отобраны с опытных участков Института леса СО РАН, на которых в 1971 г. были сформированы различные лесные культуры. Образцы верхнего минерального горизонта А1 (0-10 см) и подстилки отобраны в трех повторностях под шестью древесными породами: ель (*Picea abies*), сосна (*Pinus sylvestris*), кедр (*Pinus sibirica*) лиственница (*Larix sibirica*), береза (*Betula pendula*), осина (*Populus tremula*). На примыкающей к эксперименту лесной поляне были также отобраны почвенные образцы (только минеральный горизонт, т.к. подстилка отсутствует). Тип почвы – серая лесная. Активность минерализации углерода определяли в инкубационном эксперименте (70 г почвы или 30 г подстилки в 500 мл сосуде) с постоянной температурой (25°C) и влажностью (60% ППВ). Азот вносили в форме NH_4NO_3 , концентрация вносимой соли соответствовала поступлению 50 кг N га^{-1} (относительно высокая доза обусловлена краткосрочностью эксперимента). Скорость образования CO_2 измеряли с помощью инфракрасного анализатора (Li-Cor 8100) и 16-ти канального мультиплексера (Li-Cor 8150) до внесения и через сутки после внесения N. Для точного вычленения влияния азота (уменьшения влияния неоднородности почвенных образцов) была рассчитана относительная активность минерализации углерода для каждого образца как процент от первоначальной активности (до внесения азота). Влияние факторов оценивали в 2-х и 3-х факторном дисперсионном анализе. Эффект считался статистически значимым при $P < 0.05$. Статистическая обработка данных проведена с использованием программы STATISTICA 8.0. Активность минерализации углерода была выше в подстилках по сравнению с минеральной почвой в 3-5 раз, что объясняется более высоким содержанием углерода в подстилках и высокими активностями микробиологических процессов разложения. За исключением почвы под кедром, активность минерализации в минеральной почве коррелировала с таковой в подстилках, т.е. породы с высокими скоростями разложения подстилки имели высокие скорости минерализации и в минеральной почве. Это свидетельствует о соответствии качества надземного и подземного опада для большинства древесных пород. Образцы под разными древесными породами различались в 1.5-2 раза по активности минерализации углерода ($P < 0.001$). Трехфакторный дисперсионный анализ показал, что породы, горизонт и добавление азота оказали сильное влияние на относительную скорость минерализации углерода. Раздельный анализ влияния факторов для подстилки и для минеральной почвы (2-х факторный дисперсионный анализ) показал, что влияние азота проявляется только в минеральной почве, где эффект добавления азота был положительным и вызвал значимое увеличение скорости минерализации углерода под всеми древесными породами за исключением кедра и лиственницы. В лесной подстилке и в почве лесной поляны эффект внесения азота отсутствовал. Увеличение активности минерализации углерода после внесения азота объясняется уменьшением C/N, низкие значения этого показателя, как правило, коррелируют с высокими активностями минерализации органического вещества почв, поскольку увеличивается доступность азота для гетеротрофных микроорганизмов [12]. Отсутствие эффекта внесения азота в подстилках можно объяснить более высокими значениями C/N по сравнению с минеральными горизонтами, и относительно небольшой дозой внесения минерального азота (50 кг/га). Произшедшие изменения в C/N в подстилках были недостаточными для изменения (увеличения) скорости минерализации углерода. Помимо увеличения доступности азота для микроорганизмов возможно и изменение структуры микробного сообщества, в частности, увеличение доли бактериальной биомассы по сравнению с грибной. Бактерии имеют меньшую эффективность использования углерода, чем грибы, т.е. большая часть от утилизируемого углерода превращается в CO_2 и меньшая часть идет на строительство биомассы. Сдвиг в соотношении бактериальная/грибная биомасса при внесении азота может быть еще одной причиной увеличения скорости образования CO_2 . Доля грибов как и соотношение C/N выше в подстилке, чем в минеральной почве, что и объясняет отсутствие эффекта добавления N в подстилках. Кроме того, в минеральных

образцах почв под лиственницей, кедром и лесной поляны ранее обнаружены максимальные скорости N минерализации и нитрификации (нетто). Вероятно, высокое накопление минеральных форм азота и его слабая иммобилизация микробной биомассой являются причинами невосприимчивости микробного сообщества к добавлению азота. В почвах под елью, сосной, березой и осиной активности накопления минеральных форм азота были ниже, поэтому добавление азота и вызвало увеличение активности гетеротрофов на 20-30%. Итак, два результата представляются важными. Первое, внесение азота в лесных почвах Сибири вызывает увеличение минерализации углерода. Это говорит о том, что почвы не содержат избыточного азота, и на этой стадии увеличение поступления азота будет приводить к потере почвенного углерода. Второе, посадка леса (лесовосстановление), хотя и приводит к накоплению углерода в почве, делает его уязвимым к поступлению N, т.е. увеличение азотных поступлений приведет к потерям почвенного углерода, в первую очередь, в лесных экосистемах.

ФАКТОРЫ CO₂-ЭМИССИОННОЙ АКТИВНОСТИ ДРЕВЕСНОГО ДЕБРИСА

Мухин В.А., Диярова Д.К., Веселкин Д.В.
ИЭРиЖ, г. Екатеринбург
victor.mukhin@ipae.uran.ru

Древесный пул углерода лесных экосистем представлен двумя компартментами: живой фитомассой и древесным дебрисом. Объем первого в лесах России оценивается примерно в 34.0 Гт С, а второго – в 5.5 Гт С и он является вторым после почвы природным источником эмиссии CO₂ [1]. Поэтому в настоящее время большое внимание уделяется изучению процессов разложения дебриса, его CO₂-эмиссионной активности, а также факторов ее определяющих [2, 4–7].

Как и любой другой биологический процесс, разложение древесного дебриса, имеющее в бореальных лесах преимущественно микогенный характер, определяется большим числом экологических факторов, которые можно разделить на две группы: 1) субстратные (физико-химические особенности, размер древесных остатков, степень деструкции); 2) гидротермические (влажность, температура). В настоящей работе представлены результаты исследований по оценке влияния данных экологических факторов на CO₂-эмиссионную активность древесного дебриса при его разложении трутовыми грибами в естественных условиях.

Субстратные факторы, как показывают результаты наших работ по изучению CO₂-эмиссионной активности древесных субстратов, разрушаемых труновыми грибами в южнотаежных лесах восточных предгорий Среднего Урала, существенно детерминируют данный процесс. Хвойные субстраты характеризуются меньшей (0.63 ± 0.06 г С/кг·сут) активностью эмиссии CO₂, чем лиственные (0.94 ± 0.06 г С/кг·сут) и этот фактор объясняет порядка 12% общей изменчивости CO₂-эмиссионной активности дебриса. Информационный критерий Акаике (CAIC) также показывает, что данный фактор является необходимым для адекватного объяснения или предсказания CO₂-эмиссионной активности дебриса: $\sum W$ (сумма CAIC-весов) составляет 0.825. Древесные остатки разных видов, родов лиственных, хвойных мало отличаются по CO₂-эмиссионной активности и $\sum W$ для данного фактора равна нулю.

Регрессионный анализ дает противоречивые результаты о связи CO₂-эмиссионной активности с размером древесных субстратов. Эта связь регистрируется ($R^2 = 0.13$) при расчете эмиссионной активности на единицу массы субстратов (мг CO₂ / г · час) и не регистрируется ($R^2 = 0.01$) при расчете на единицу площади (мг CO₂ / дм² · час). В первом случае, как мы считаем, сказывается влияние физиологически неактивной (не колонизированной и не разрушаемой грибами) части древесины, масса которой увеличивается с размером древесных субстратов. Во втором случае отсутствие связи между CO₂-эмиссионной активностью и размером субстратов можно объяснить тем, что мицелий грибов располагается по периферии и объем колонизированной им древесины пропорционален площади поверхности субстратов. Вместе с тем, в обоих случаях CAIC-анализ указывает на большое значение размера древесных остатков как фактора их CO₂-эмиссионной активности: $\sum W$ равна 0.753 в первом случае и 0.999 – во втором.

Такая же противоречивая ситуация наблюдается и при анализе зависимости CO₂-эмиссионной активности дебриса от степени его деструкции грибами. Результаты CAIC-анализа свидетельствуют о важности степени деструкции древесных субстратов как фактора их CO₂-эмиссионной активности: усредненная $\sum W = 0.555$. Однако регрессионный анализ показывает отсутствие связи между CO₂-эмиссионной активностью древесных субстратов, оцениваемой в мг CO₂ / г · час, и степенью их деструкции ($R^2 = 0.01$; $P = 0,142$), и наличие слабой связи при ее оценке в мг CO₂ / дм² · час ($R^2 = 0.04$; $P = 0,030$). Соответственно в первом случае $\sum W$ равна 0.111, а во втором – 1.000. Последнее значение $\sum W$, на наш взгляд, отражает связь CO₂-эмиссионной активности дебриса со степенью его деструкции, т.к. почти 80% потребляемого грибами углерода древесных

остатков конвертируется в диоксид углерода [3]. Другими словами, интенсивность деструкции древесного дебриса и CO₂-эмиссионная активность – это функционально связанные процессы.

Гидротермические факторы – влажность и температура – относятся к числу наиболее важных факторов CO₂-эмиссионной активности дебриса: $\sum W$ для обоих факторов равна 1.000. Как показывает регрессионный анализ, температура, несомненно, является главным детерминантом CO₂-эмиссионной активности дебриса – с этим фактором связано до 60% общей ее изменчивости, тогда как с влажностью сопряжено лишь около четверти общей изменчивости ($R^2 = 0.24$). Однако при одинаковом температурном фоне в естественных условиях ведущим фактором CO₂-эмиссионной активности выступает именно влажность субстратов. Так, в диапазоне температур, характерных для периода вегетации в южной тайге (15–25°C), наблюдаются значительные (2–3-кратные) различия по дыхательной активности дебриса в зависимости от его влажности. Связь CO₂-эмиссионной активности с влажностью описывается S-образной зависимостью: линейная в диапазоне 20–55% и выходящая на максимальный и стабильный уровень при 65–75%. Во всем диапазоне влажности, наблюдающемся в естественных условиях, эмиссия CO₂ сопряжена с пропорциональным для аэробного дыхания потреблением O₂ ($r = 0.96$; $P = 0.001$) и является результатом окислительной конверсии органического углерода древесины грибами.

Особенности самих грибов, такие как их физиологический тип, вид слабо или вообще не отражаются на CO₂-эмиссионной активности дебриса. Так, анализ 6 родов грибов показал, что они не отличаются по CO₂-эмиссионной активности ($H = 6.68$; $P = 0.338$), что подтверждают и результаты SAIC-анализа: $\sum W = 0$. Слабая связь регистрируется и между физиологическим типом грибов и CO₂-эмиссионной активностью разрушаемого ими дебриса, например, хвойные субстраты с бурой гнилью отличаются менее активной эмиссией CO₂ (0.51 ± 0.05 г С/кг·сут), чем с белой (0.82 ± 0.14 г С/кг·сут), однако у лиственных субстратов это не наблюдается и $\sum W$ для данного фактора в целом составляет всего 0.061.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 12-04-00684) и Президиума УрО РАН (проект № 12-С-4-1032).

Литература

1. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России. Отв. ред. Г.А. Заварзин. Ин-т физ.-хим. и биол. проблем почвоведения РАН. М.: Наука, 2007. 315 с.
2. Сафонов С.С., Карелин Д.В., Грабар В.А., Латышев Б.А., Грабовский В.И., Уварова Н.Е., Замолотчиков Д.Г., Коротков В.Н., Гитарский В.М. Эмиссия углерода от разложения валежа в южнотаежном ельнике // Лесоведение. 2012. № 5. С. 44–49.
3. Степанова Н.Т., Мухин В.А. Основы экологии дереворазрушающих грибов М., 1979. 100 с.
4. Forrester J.A., Mladenoff D.J., Gower S.T., Stoffel J.L. Interaction of temperature and moisture with respiration from coarse woody debris in experimental forest canopy gaps // For. Ecol. Manag. 2012. V. 265. P. 124–132.
5. Gough C.M., Vogel C.S., Kazanski C., Nagel L., Flower Ch. E, Curtis P.S. Coarse woody debris and carbon balance of north temperate forest // For. Ecol. Manag. 2007. V. 244. № 1–3. P. 60–67.
6. Olajuyigbe S., Tobin B., Nieuwenhuis M. Temperature and moisture effects on respiration rate of decomposing logs in a Sitka spruce plantation in Ireland // Forestry. 2012. V. 85. № 4. P. 485–496.
7. Wu J., Zhang X., Wang H., Sun J., Guan D. Respiration of downed logs in an old-growth temperate forest in north-eastern China // Scand. J. For. Res. 2010. V. 25. № 6. P. 500–506.

CO₂ И H₂O ОБМЕН В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЮЖНОЙ ТАЙГИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

Ольчев А.В.
ИПЭЭ РАН, г. Москва
aoltche@gmail.com

На основании проведенных модельных экспериментов выполнена оценка возможного влияния прогнозируемых к концу XXI в. изменений климатических условий, видового состава растительности и запасов элементов минерального питания в почве и листьях, на составляющие H₂O- и CO₂-обмена еловых лесов центральных районов Европейской территории России.

Показано, что прогнозируемые к концу XXI в. изменения климатических условий для умеренного сценария A1B (SRES), могут привести, с одной стороны, к незначительному уменьшению эваротранспирации (-4%), а с другой стороны, к существенному увеличению первичной брутто (GPP, +22%) и нетто, (NPP, +8%) продукции исследуемых лесов при условии, если прогнозируемое

увеличение температуры и CO_2 в атмосфере будет строго сбалансировано с ростом запасов элементов минерального питания и воды в почве и в листе растений. Прогнозируемое концу XXI в. уменьшение эвапотранспирации на фоне увеличения количества осадков может привести к увеличению почвенного увлажнения и поверхностного стока.

Прогнозируемое увеличение температуры и изменение режима осадков к концу XXI в. на территориях, занятых южнотаежными еловыми лесами, может привести к частичному замещению ели в древостоях мелколиственными (береза, осина) и широколиственными (липа, дуб, вяз) породами деревьев. Учитывая более высокие значения скорости нетто фотосинтеза и дыхания листовых пород деревьев по сравнению с еловыми, данные процессы в лесах, произрастающих на хорошо дренированных почвах, могут привести к дополнительному увеличению GPP и NPP на 17% и 34%, соответственно.

Постепенное истощение запасов минеральных веществ (азота, фосфора, калия) в наземной фитобиомассе деревьев еловых и смешанных лесов, обусловленное как снижением притока питательных веществ к листьям из почвы из-за прогнозируемого уменьшения транспирации (около 16%), так и уменьшением содержания минеральных веществ в почве из-за их вымывания атмосферными осадками, может привести в будущем к снижению GPP, нетто CO_2 обмена (NEE) и эвапотранспирации исследуемых лесных экосистем. Результаты расчетов показали, что уменьшение запасов питательных веществ в листьях даже на 20% может полностью компенсировать увеличение GPP и NPP древостоя, вызванное увеличением скорости ассимиляции растений при прогнозируемом росте содержания CO_2 в воздухе и повышении температуры.

КОМПОНЕНТЫ БЮДЖЕТА УГЛЕРОДА В ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ, ИСПОЛЗУЕМЫХ ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Почикалов А.В.¹, Ларин Я.А.², Карелин Д.В.¹, Арешин А.В.²

¹МГУ имени М.В. Ломоносова, Биологический факультет, г. Москва;

²РГАУ-МСХА, факультет почвоведения, агрохимии и экологии, г. Москва
apochikalov88@gmail.com

Для горной промышленности в современном мире характерно непосредственное влияние на окружающую среду, что становится причиной целого ряда экологических проблем, возникающих как при разработке месторождений полезных ископаемых, так и после окончания этих работ [3].

Почвы и экосистемы на месте рекультивированных отвалов формируются с нуля на «*terra nova*», так как открытые горные выработки существенно влияют на все компоненты ландшафтов без исключения [4;5;8 цит. по 9]. В свете этого, техногенные ландшафты открытых горных выработок носят название «ландшафтов без памяти» [7]. Для формирования новых ландшафтов на территории Лопатинского фосфоритового рудника были проведены мероприятия по горногеологической рекультивации и последующей лесорекультивации отвалов, результатом которой стало образование целого ряда самостоятельных посттехногенных экосистем. В частности, сам способ рекультивации хорошо согласуется с одним из принципов идеи TSES (Territorial Systems of Ecological Stability), пользующиеся успехом в Европе, а именно с тем, что при проведении рекультивационных мероприятий должны использоваться местные типы естественных сообществ [6]. Полевые исследования проводились нами на лесорекультивированной территории бывших 10-го и 11-го карьеров Лопатинского фосфоритового рудника (далее ЛФР), располагавшихся на Елкинском участке Хорловского месторождения фосфоритов (Московская область, Воскресенский район, окрестности пос. Ёлкино и Хорлово). Всего было выбрано 6 биотопов: 1) участок местного смешанного леса с преобладанием сосны; 2) сосновые насаждения 15-17 летнего возраста с элементами самозарастания; 3) сосново-березовые насаждения 15-17 летнего возраста; 4) 22-25 летние насаждения сосны; 5) вывал в 22-25 летних сосновых насаждениях; 6) посадки сосны 28-33 летнего возраста.

Морфологические характеристики исследуемых почв определялись методом закладки и описания почвенных разрезов. Измерения эмиссии CO_2 из почв выбранных сайтов проводилось ежемесячно с мая по сентябрь 2013 г. камерным методом по закрытой схеме с помощью газоанализатора AZ 7752 (Тайвань), модифицированного и откалиброванного для полевых исследований, в 5-тикратной повторности на каждом сайте, одновременно определялись температура воздуха и температура почвы в слое 0 – 1 см и на глубине 10 см. Объемная влажность, объемная плотность (в слое 0–5 см) почвы и запас подстилки определялись гравиметрически. Количество бактерий и грибов в подстилке и на глубине 1 и 10 см определялось методом прямого подсчета на базе кафедры микробиологии МГУ. Статистическую обработку полевых результатов проводили в пакете SPSS Statistics V. 20.0.

Е.В. Абакумов (2012) [1], ссылаясь на разных авторов, пишет, что «для экосистемного развития большое значение имеют свойства почв, унаследованные от почвообразующих пород». Морфологические характеристики описанных почв соответствуют общим закономерностям развития молодых почв: на начальных стадиях формирования почвенный профиль «прижат» к поверхности и слабодифференцирован на горизонты [2;1]. Почвы, несомненно, являются молодыми, которые распространены в посттехногенных экосистемах достаточно широко, вследствие краткого времени почвообразования и подавленного биогенеза [1].

Наибольшие значения эмиссии CO₂ из реплантоземов были зафиксированы нами в мае и июне, а наименьшие – в августе и сентябре. По данным многофакторного регрессионного анализа одним из основных факторов, влияющих на эмиссию, оказалась температура воздуха. Однако следует не забывать также о влиянии структуры и состава местного почвенного микробного сообщества, связанного с составом напочвенного опада и химическими особенностями рекультивируемого отвала, что косвенно подтверждается литературными данными. Вариабельность потоков между сайтами, в нашем случае, скорее всего, обусловлена запасами подстилки и качественными и количественными характеристиками почвенной микробиоты. Согласно нашим предположениям, основное влияние на дыхание молодых почв, возникающих после лесорекультивации нетоксичных горных выработок в данном районе оказывают температура воздуха, а также запасы подстилки, состав и структура местного микробного сообщества.

Литература

1. Абакумов Е.В. Первичные почвы в природных и антропогенных экосистемах. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук. Тольятти, 2012. – 40с.
2. Ганжара Н.Ф. – Почвоведение. – М.: Агроконсалт, 2001. – 392 с.
3. Егоров П.В., Бобер Е.А., Кузнецов Ю.Н., и др., 2006. Основы горного дела: Учебник для вузов. – 2-е изд. – М.: Изд-во Московского горного университета. 408 с.
4. Hüttl, R.F., Weber, E., 2001. Forest ecosystem development in post-mining landscapes: a case study of the Lusatian lignite district. *Naturwissenschaften* 88, 322–329.
5. Pietrzykowski M., Krzaklewski W. An assessment of energy efficiency in reclamation to forest. *Ecological engineering* 30 (2007) 341–348.
6. Sklenicka P., Charvatova E. Stand continuity - a useful parameter for ecological networks in post-mining landscapes/ *Ecological Engineering* 20 (2003) 287 - 296
7. Sklenicka P., Lhota T., 2002. Landscape heterogeneity - the quantitative criterion for landscape reconstruction. / *Landscape Urban Planning* 58, 147 - 156.
8. Sklenicka P., Prikryl I., Svoboda I., Lhota T., 2004. Non-productive principles of landscape rehabilitation after long-term open-cast mining in Northwest Bohemia. / *J. S. Afr. Inst. Min. Metall.* 104, 83–88.
9. Vymazal J., Sklenicka P. Editorial / *Ecological Engineering* 43 (2012) 1–4.

ДИНАМИКА И СТРУКТУРА ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА В ПОСТАГРОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЮЖНОЙ ТАЙГИ

Рыжова И.М., Ерохова А.А., Подвезенная М.А.
МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, г. Москва
iryzhova@mail.ru

По современным оценкам на лесные экосистемы приходится более 80% запасов углерода наземной биомассы и более 70% запасов почвенного углерода. В связи с этим большое внимание уделяется оценке возможного секвестирования углерода при естественном лесовосстановлении на землях, выведенных из сельскохозяйственного оборота.

В докладе рассматривается динамика и структура запасов углерода в постагрогенных экосистемах в процессе естественного зарастания лесом агродерново-подзолистых почв южной тайги. Обсуждаются результаты вычислительных экспериментов, проведенных на основе нелинейной модели круговорота углерода NAMSOM, по изучению динамики запасов почвенного углерода в ходе постагрогенной сукцессии, в зависимости от характера предыдущего землепользования и гранулометрического состава почв. Также в докладе представлены данные, характеризующие изменения состава органического вещества почв.

В качестве объекта исследования был выбран хроноряд постагрогенных экосистем южной тайги (Костромская обл.) При выборе элементов хроноряда мы старались свести к минимуму различия в лито-геоморфологических условиях. Все пробные площади размером 20×20 м². были заложены на водоразделе. Изучаемый хроноряд представлен агроэкосистемой (посев овса),

разнотравно-злаковым лугом (залежь 7 лет), молодым лесом (залежь 20 лет), березово-еловым лесом 40-50 лет и вторичным ельником-черничником 80-100 лет. Рассматриваемые экосистемы сформированы на агродерново-подзолистых и постагрогенных дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах на покровных суглинках.

Для характеристики почв на каждой пробной площади был заложен почвенный разрез. В каждом горизонте определялась плотность почв, и отбирались образцы для определения содержания углерода. Чтобы оценить пространственную вариабельность содержания углерода в почвах залежей разного возраста, на каждой пробной площади дополнительно из прикопок отбирались почвенные образцы из слоев 0-10 и 10-20 см. На пашне, в луговой экосистеме и молодом лесу точки отбора проб (20) располагались случайным образом. Для учета внутрибиогеоценозной вариабельности запасов подстилки и содержания углерода в почвах березово-елового леса и ельника-черничника, обусловленной влиянием деревьев-эдификаторов, исследования проводились методом заложения трансект (по четыре на каждой пробной площади). Запасы фитомассы травяного и травяно-кустарничкового ярусов определялись методом укусов в период максимального развития. Для определения запасов корневой массы трав отбирались почвенные монолиты. Запасы фитомассы деревьев рассчитаны по аллометрическим уравнениям на основе измерений параметров древостоя [5]. Запасы углерода крупных древесных остатков оценивали путем пересчета запасов фитомассы деревьев с использованием конверсионных коэффициентов [1]. При пересчете запасов фитомассы в запасы углерода использованы коэффициенты 0.5 и 0.45 соответственно для древесных фракций и хвои, листьев и трав. Содержание углерода в подстилке в лесах с преобладанием ели составляет в среднем 37% [6]. Это значение было принято в расчетах. Чтобы охарактеризовать содержание в почве лабильного органического вещества были использованы вытяжки из свежих почвенных образцов дистиллированной водой, 0.1 М раствором K_2SO_4 и 0.1 М нейтральным раствором $Na_4P_2O_7$. Углерод микробной биомассы определялся в свежих почвенных образцах методом субстрат-индуцированного дыхания. Для определения углерода в агрегатных фракциях использован метод сухого просеивания воздушно-сухих образцов почв с последующим определением содержания углерода во фракциях агрегатов >2.0 мм (мегаагрегаты), 2.0–0.25 мм (макроагрегаты) и < 0.25 мм (микроагрегаты). Для грануло-денсиметрического фракционирования применена модификация метода, разработанного М.Ш. Шаймухаметовым и Л.С.Травниковой [3]. Вычислительные эксперименты проведены на основе нелинейной модели круговорота углерода NAMSOM [4].

Проведенные исследования показали, что в результате естественного восстановления леса запасы общего углерода экосистемы увеличиваются с 5.2 на пашне до 27.6 кг С/м² в ельнике-черничнике 80-100 лет. Максимальная скорость накопления углерода составляет 0.24 кг С/ м² в год, что согласуется с литературными данными [2].

В процессе постагрогенной сукцессии изменяется структура запасов углерода в экосистемах. В агроэкосистеме 94 % общего запаса углерода представлено углеродом почвы. В ходе лесовосстановления доля этого пула снижается. В молодом лесу (20 лет) она составляет 57 %, уменьшаясь до 22% в 80-100 -летнем ельнике.

Результаты вычислительных экспериментов продемонстрировали разную направленность изменений запасов почвенного углерода в ходе постагрогенной сукцессии в зависимости от характера предыдущего землепользования и гранулометрического состава почв. При зарастании слабогумусированных суглинистых агродерново-подзолистых почв запасы углерода в них через 100 лет не достигают стационарного значения. В почве 80–100 летнего ельника изучаемого хронорядя запасы углерода в минеральной метровой толще составляют 60 кг С/м². По данным моделирования через 100 лет после выведения пашни из оборота они достигают 61 кг С/м², что соответствует 82% от стационарного значения.

Анализ изменений в составе органического вещества показал, что с возрастом залежи в старопашотном горизонте увеличивается содержание лабильного углерода. Все рассмотренные показатели его содержания (содержание углерода в вытяжках «мягкими» химическими экстрагентами, углерод микробной биомассы и легкой фракции) являются чувствительными индикаторами изменений состава органического вещества почв в результате смены характера землепользования.

Результаты грануло-денсиметрического фракционирования показали, что в процессе самовосстановления леса на пашне изменяется содержание углерода не только легкой, но и органоминеральной фракции почв. При переходе от пашни к вторичному ельнику увеличивается абсолютное содержание углерода илистой фракции, тогда как его доля в составе органического вещества снижается.

Изучение динамики органического углерода агрегатных фракций разного размера свидетельствует, что в ходе постагрогенной сукцессии увеличивается физическая защищенность органического вещества почв от разложения за счет включения в состав микроагрегатов.

Литература

1. *Замолодчиков Д.Г.* Пул углерода крупных древесных остатков в лесах России: учет влияния пожаров и рубок // Лесоведение. 2009. № 4. С. 3–15.
2. *Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Щенисенко Е.А., Нефедова Т.Т.* Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. 416 с.
3. *Моргун Е.Г., Макаров М.И.* Использование поливольфрамата натрия при гранулоденсиметрическом фракционировании почвенного материала // Почвоведение. 2011. № 4. С. 433–438.
4. *Рыжова И.М.* Анализ устойчивости почв на основе теории нелинейных динамических систем // Почвоведение. 2003. № 5. С. 583–590.
5. *Уткин А.И., Замолодчиков Д.Г., Гульбе Т.А., Гульбе Я.И.* Аллометрические уравнения для фитомассы по данным деревьев сосны, ели, березы и осины // Лесоведение. 1996. № 6. С. 36–46.
6. *Щепащенко Д.Г., Мухортова Л.В., Швиденко А.З., Ведрова Э.В.* Запасы органического углерода в почвах России // Почвоведение. 2013. № 2. С. 12

КРУПНЫЕ ДРЕВЕСНЫЕ ОСТАТКИ В КРУПНОТРАВНЫХ ТЕМНОХВОЙНЫХ ЛЕСАХ СЕВЕРНОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Тюрин А.В., Алейников А.А.
ЦЭПЛ РАН, г. Москва
alex.zertur@gmail.com

Крупные древесные остатки (КДО, coarse woody debris) - один из важных компонентов лесной экосистемы, тем не менее, этому компоненту меньше всего уделялось внимания отечественных учёных-лесоводов. В последнее время происходит переосмысление роли КДО в структуре и динамике лесных экосистем, в круговороте веществ и поддержании биологического разнообразия [4, 6], поэтому наиболее актуальным остается оценка КДО в лесах, находящихся на разных стадиях восстановления.

КДО включают в себя сухостой, валежник, пни и подземную часть деревьев в виде корней. Цель работы – оценить запасы валежа в темнохвойных лесах Северного Предуралья. Под валежом мы понимаем стволы отмерших деревьев или их части, лежащие на земле или на зависшие на других валежинах.

В 2012 году был произведен сплошной пересчет валежа с диаметром у основания более 5 см на двух постоянных пробных площадях размером по 1 га в пихто-ельнике крупнопоротниковом и елово-пихтарнике высокотравном в бассейне реки Большая Порожня Печоро-Ильчский государственный природный биосферный заповедник, республика Коми). Район исследований и характеристика исследуемых сообществ достаточно подробно охарактеризованы в наших предыдущих работах [1, 3]. У каждой валежины были определены: (1) размерные характеристики (диаметры на обоих концах и длина) и объем; (2) стадия разложения (0 – только упавшие стволы с живой листвой/хвоей; 1 - недавно умершие деревья с плохо отделяемой от ствола корой и древесиной без гнили; 2 - слаборазложившиеся стволы с гнилью до 25 % по диаметру и с легко отламывающейся и отпадающей корой; 3 - среднеразложившиеся стволы с гнилью до 50% по диаметру и твердой сердцевиной ствола; 4 - сильноразложившиеся стволы с гнилью 50-75% по диаметру и твердой сердцевиной ствола; 5 - почти полностью разложившиеся стволы с гнилью более 75% по диаметру; 6 - полностью разложившиеся стволы); (3) характер образования валежа (вывал или слом); (4) особенности расположения валежины относительно поверхности земли.

По видовому составу на долю валежа темнохвойных видов (*Abies sibirica* Ledeb. и *Picea obovata* Ledeb.), как по объему, так и по количеству приходится более 92% и 88% в крупнопоротниковом и высокотравном сообществах, соответственно. Такой состав валежа подтверждает наше предположение об отсутствии существенных изменений в составе древесного яруса на протяжении нескольких поколений.

Общий объем валежа в крупнопоротниковом типе леса составил 221,1 м³/га (445 валежин) с проективным покрытием 917 м²/га., высокотравном – 245,6 м³/га (469 валежин), 1093 м²/га. Таким образом, в спонтанно развивающихся лесах доля валежа достаточно высока и соизмерима с объемом живых деревьев. Распределение валежин по стадиям разложения показало, что преобладает валеж начальных стадий разложения (от 38 % в высокотравном сообществе до 46 % в крупнопоротниковом). Такая высокая доля «относительно свежего» валежника может быть обусловлена его расположением относительно земли: около половины стволов начальных стадий разложения имеют малую площадь соприкосновения с землей, что в свою очередь замедляет процессы разложения древесины. На долю валежа со средними стадиями разложения (3-4)

приходится около четверти от всего объема (23% - крупнопоротниковый, 26% - высокотравный типы леса), на сильно разложившийся валеж (5-6 стадии разложения) – 31% и 36% в крупнопоротниковом и высокотравных типах леса соответственно. На этих стадиях большая часть валежа (> 80 %) лежит на земле или частично погружена в почву, что дает больше возможности для проникновения дереворазрушающих грибов из почвы (микромикетов) [2]. Полученные данные о плотности, объеме и общем проективном покрытии валежа в 1,5-2,0 раза превышают известные литературные данные для среднетаежных лесов [5].

Микромозаичная структура. В елово-пихтарнике крупнопоротниковом подавляющее большинство деревьев в разное время подверглось слому – 94.5% (от общего числа валежника с определенным характером образования; в крупнопоротниковом типе - 400 шт., в высокотравье – 402 шт.), совсем незначительная часть - вывалу (5.5%). В пихто-ельнике высокотравном микромозаичная структура схожа, однако, несмотря на то, что по характеру гибели преобладают сломы (80.8%) и значительно меньше вывалов (19.2%), их соотношение отличается от предыдущего сообщества. Вполне возможно, что это связано с более влажными почвами в пихто-ельнике высокотравном, повышающими ветровальность деревьев.

Таким образом, основные показатели валежа (видовой состав, общий объем, объем по стадиям разложения валежа) схожи в обоих сообществах, что может косвенно свидетельствовать о примерно одном и том же этапе их развития.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты № 13-04-01491а и № 12-04-33193 мол_а_вед)

Литература

1. Алейников А.А., Лазников А. А. Популяционная структура древесных видов разновозрастных елово-пихтарников Северного Предуралья // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2012. № 2. С. 32-37.
2. Семенова Т.А., Рахлеева А.А. Исследование структуры комплексов микромикетов и микроартропод на разных стадиях разложения древесины ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) / Динамика многолетних процессов в экосистемах Центрально-Лесного заповедника. Труды ЦЛГПБЗ. 2012. Вып.6. С. 311-323.
3. Смирнова О.В., Алейников А.А., Семиколенных А.А., Бовкунов А.Д., Запрудина М.В., Смирнов Н.С. Типологическое и структурное разнообразие среднетаежных лесов Урала / Разнообразие и динамика лесных экосистем России. В 2-х кн. Кн. 2. // А.С. Исаева (ред.). М.: КМК. 2013. С. 42-66.
4. Стороженко, В.Г. Устойчивые лесные сообщества. Теория и эксперимент. Тула, 2007. 197 с.
5. Стороженко В.Г. Эволюционные принципы поведения дереворазрушающих грибов в лесных биогеоценозах. Тула: Гриф и К, 2014. 184 с.
6. Harmon, M.E.; Franklin, J.F.; Swanson, F.J.; Sollins, P.; Gregory, S.V.; Lattin, J.D.; Anderson, N.H.; Cline, S.P.; Aumen, N.G.; Sedell, J.R.; Lienkaemper, G.W.; Cromack, K., Jr.; Cummins, K.W. . Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. 1986. Advances in Ecological Research. 15: 133–302 с.

НОВАЯ ВЕРСИЯ БАЗЫ ДАННЫХ ПО ЛЕСНЫМ ПОЧВАМ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

Честных О.В.¹, Бакаева З.М.².

¹ЦЭПЛ РАН, г. Москва; ²МГУ имени М.В. Ломоносова, Биологический факультет, г. Москва
ochestn@mail.ru

"База данных по органическому углероду почв" объединяет информацию о более чем 1500 почвенных разрезах из 300 литературных источников. База данных продолжает пополняться. В ней более представлены почвенные разрезы, заложенные в лесах, добавлены описания разрезов для других категорий земель лесного фонда – степей, пастбищ, садов. В последней версии базы существенно изменена структура, для отсутствующих значений тех или иных параметров добавлены расчетно-экспертные оценки, что позволило включить ранее не использовавшуюся информацию в расчет.

В представленной базе проводилась оценка запасов органического углерода в почвах лесов России, к тому же методологически максимально совместимая с данными о запасах углерода в других пулах лесных биогеоценозов. По каждому разрезу имеется подробная информация (около 40 параметров): географическое положение, строение почвенного профиля, физико-химические свойства почв, механический состав, валовый химический состав, содержание органики по всем выделенным горизонтам. По имеющейся в базе информации, связанной с объемным весом почвенных горизонтов, были оценены значения объемной массы для всех почвенных горизонтов, используя регрессионные уравнения, в которых учитывалась глубина залегания горизонта, процентное содержание в нем гумуса, группы типов почв, группы подстилающих пород, географическая подзона.

Запасы органического вещества почвы рассчитывали для каждого разреза, исходя из сведений о глубине каждого горизонта (включая лесную подстилку A_0), величине объемной массы, процентного содержания органического вещества в каждом из горизонтов, затем все полученные для горизонтов значения суммировали.

Методика расчета включала как запасы органического вещества почвы в верхних горизонтах, которые могут быть отнесены к подстилке, так и в заторфованных горизонтах подзолисто-болотных почв. Запасы органического вещества рассчитывали для всего слоя почвы, описанного в соответствующем литературном источнике. Итоговый вариант расчета содержит и информацию для трех слоев почвенной толщи: 0-30 см, 0-50 см, 0-100 см.

Определены и внесены для каждого разреза названия соответствующих типов почв по «Мировая база по почвенным ресурсам», 1998» и по FAO, «Мировая почвенная карта», 1998. Используя полученные данные, были рассчитаны средние значения запасов почвенного углерода для выделенных категорий земель, а также оценки запасов органического углерода для разных возрастных категорий лесных насаждений.

На основе рассчитанных средних значений запасов почвенного углерода и информации Государственного лесного реестра, касающейся распределения по породам покрытой лесом площади и площадного представительства других категорий земель лесного фонда будет осуществлен уточненный расчет абсолютных запасов углерода в почве. Оценка запасов почвенного углерода будет проведена для всех категорий земель лесного фонда по субъектам Российской Федерации путем умножения среднего запаса углерода на площади соответствующих категорий земель лесного фонда. Оценка неопределенности будет осуществлена по стандартной ошибке найденных средних.

СЕЗОННЫЕ ВАРИАЦИИ ФОТОСИНТЕЗА В ЮЖНОТАЕЖНОМ ЕЛЬНИКЕ

Юзбеков А.К.

МГУ имени М.В. Ломоносова, биологический факультет, г. Москва
uak2003@mail.ru

Исследована сезонная динамика интенсивности фотосинтеза и темнового дыхания ели европейской (*Picea abies* L.), отражающая воздействие комплекса внешних факторов и представляющая собой данные, необходимые для оценки фотосинтеза хвои древостоя ели. Выявлено отсутствие в июне внутрисезонной депрессии фотосинтеза. Установлена зависимость между максимальными значениями интенсивности фотосинтеза и температурой воздуха: сезонный максимум нетто-фотосинтеза у ели наблюдался в июле при температуре около 25 °С; в августе и сентябре с понижением оптимума температуры отмечено снижение интенсивности ассимиляции CO_2 . Уровень темнового дыхания не претерпевает заметных изменений и составил 27.9% от суммарного нетто-фотосинтеза, что свидетельствует о положительном фотосинтетическом углекислотном газообмене хвои южнотаежных ельников.

СЕКЦИЯ 5. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

ПОЧВЕННЫЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ КРИОГЕННЫХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Безкоровайная И.Н.¹, Климченко А.В.², Евграфова С.Ю.²

¹СФУ, г. Красноярск; ²ИЛ СО РАН, г. Красноярск
birinik-2011@yandex.ru

Глобальное экологическое значение лесных экосистем Сибири, сформированных на многолетней мерзлоте, заключается в сохранении биологического разнообразия и регулировании климата планеты и обусловлено адаптационными возможностями биоты к существованию в экстремальных условиях. Современные климатические модели показывают, что наиболее значимые изменения произойдут в бореальных и тундровых экосистемах, подстилаемых многолетнемерзлыми почвами. Показано сокращение «мерзлотных регионов», повышение температуры грунтов и увеличение активного слоя криогенных почв [1]. Актуальность оценки отклика высокоширотных лесных экосистем на прогнозируемое изменение температуры обусловлена тем, что криогенные экосистемы являются важным депо и потенциальным источником парниковых газов. При этом анализ гетеротрофных процессов, локализованных в почвах, имеет ключевое значение. В зоне сплошного распространения многолетней мерзлоты заложена серия постоянных пробных площадей, охватывающих по лесорастительному районированию Сибири [2] Нижне-Тунгусский лесорастительный округ. Лесные экосистемы расположены в бассейнах рек Нижняя Тунгусска (65° с.ш.89° в.д.) и Кочучум (64° с.ш.100° в.д.) и представлены разновозрастными послепожарными лиственничниками, сформировавшимися на склонах северной, южной экспозиции и плакорных поверхностях. Почвы - маломощные хорошо дренированные подбуры с большим включением не выветрившегося материала и криоземами. Протаивание многолетней мерзлоты в теплый период на глубину почвенного профиля способствует нисходящей миграции веществ. Почвенный профиль характеризуется слабо выраженными минеральными горизонтами, накоплением органических остатков и грубого гумуса. Для района исследований характерно значительное пространственное варьирование глубины сезонно-талого слоя в зависимости от положения в рельефе и в пределах конкретного местообитания, обусловленное криогенным микрорельефом и мощностью мохово-лишайникового яруса. В условиях северных широт короткий вегетационный период, близкое залегание мерзлоты, повышенная влажность и недостаток азота обуславливают низкую почвенную биологическую активность, особенно в минеральных горизонтах. В подстилке, пронизанной стеблями мхов и талломами лишайников, биологическая активность также лимитируется качественным составом их тканей. Общеизвестно, что основными агентами биологической активности почв являются микроорганизмы. Основная доля гетеротрофных микроорганизмов криоземов лесотундры представлена олиготрофной группой вследствие недостаточной обеспеченности легкодоступным органическим веществом. Для криоземов характерно равномерное распределение микроорганизмов по всему почвенному профилю с постепенным понижением численности с глубиной. Коэффициент микробиологической минерализации в мерзлотных почвах варьирует в пределах 1, коэффициент олиготрофности >1. Сочетание в микрорельефе микроповышений и микропонижений обуславливают пространственную неоднородность активности биологических процессов. Микроповышения характеризуются более высокой активностью почвенной биоты - биомасса гетеротрофной микрофлоры в 2-6 раз превышает таковую микропонижений. При этом отмечена слабая зависимость от температурных условий ($r=0.38$). Для микробных сообществ криогенных местообитаний выявлена зависимость их активности от экспозиции склона. Различия в распределении микробной биомассы на склонах разной экспозиции показаны только для верхнего слоя почвы 0-5 см, соответственно для южных склонов микробная биомасса составила 0.9 мг С/м², для северных склонов - 0.25 мг С/м². Вниз по профилю микробная биомасса снижается до 0.1 мг С/м² вне зависимости от экспозиции склона. Биологическая диагностика почвенных процессов с точки зрения их потенциальных возможностей способствует наиболее точному прогнозированию реакции почвенной системы на различные нарушения ее естественного состояния. Экологические условия криогенных местообитаний приводят к депрессии целлюлозоразлагающей микрофлоры почв: за один год экспозиции здесь разлагается не более 10-12% целлюлозы. Причем, в криоземах активность целлюлозоразлагателей, определенная в оптимальных условиях температуры и влажности ($t=28^{\circ}\text{C}$, $w=60\%$ от полной влагоемкости), для подбуров в 2.5 - 4 раза превышает актуальную за один год. Для криоземов существенных различий между потенциальной и актуальной активностью не выявлено. Потенциальная активность биохимических процессов криогенных почв имеет ряд особенностей. Прежде всего - неодинаковая выраженность по

профилю. Наиболее сильно биологическая активность выражена в органогенном горизонте. Определение окислительно-восстановительной активности криоземов и подбуров под листовничниками зеленомошного и лишайникового типов леса выявило различия между ними: максимальной активностью характеризуется подстилки, сформированные под зеленомошными типами леса – 4.1-5.4 мл $O_2/3\text{мин/г}$. Активность каталазы подстилок лишайниковых сообществ в 2 раза ниже. По активности минерального 0-20см слоя почвы практически не различаются. По шкале обогащенности почв ферментами (Звягинцев, 1978) степень обогащенности исследованных почв каталазой характеризуется как очень бедная и бедная. Активность ферментов азотного метаболизма в криоземах и подбурах также имеет близкие значения, что обусловлено, скорее всего, общим и основным лимитирующим биологические процессы фактором – близким залеганием мерзлоты и недостатком тепла в вегетационный период. Обогащенность почв гидролитическими ферментами, протеазой и уреазой, имеет первостепенное значение в процессах превращения азотсодержащих органических соединений. Потенциальная активность протеазы мерзлотных почв в оптимальных условиях температуры и влажности ($t=38\text{ }^\circ\text{C}$, $w=60\%$ от ПВ) составила для подстилок 19.8-25.1 мг $NH_2/г$. В 0 – 20см минеральном почвенном слое протеазная активность выражена слабо и существенные различия между почвами и типами леса отсутствуют. Различия по обогащенности почв уреазой обусловлены главным образом особенностями напочвенного покрова: уреазная активность подстилок зеленомошных сообществ составляет 3.5-3.8 мг $NH_4/г$, в лишайниковых сообществах она в 3 раза ниже. По активности данного фермента 0-20см минеральные слои мерзлотных почв близки между собой. Степень обогащенности исследованных почв уреазой характеризуется как очень бедная и бедная. Анализ биологического потенциала мерзлотных почв показал депрессивное состояние почвенных биологических процессов криогенных местообитаний. Сложный мезо- и микрорельеф обеспечивают пространственную неоднородность активности почвенных биологических процессов. Близкое залегание мерзлоты, короткий вегетационный период и особенности гидротермических условий криоземов и подбуров лимитируют биохимическую трансформацию органического вещества в этих почвах. В тоже время маломощные хорошо дренированные подбуры отличаются более высоким биологическим потенциалом. Особенности напочвенного покрова также отражаются на биологических процессах - в зеленомошных местообитаниях их активность несколько выше по сравнению с лишайниковыми.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №13-04-01482 и №14-04-10128.

Литература

1. Карелин Д.В., Замолотчиков Д.Г. // Углеродный обмен в криогенных экосистемах. М.: Наука, 2008. 344 с.
2. Коротков И.А. Лесорастительное районирование России и республик бывшего СССР // Углерод в экосистемах лесов и болот России. Красноярск: ИЛ СО РАН, 1994. – С. 29-47.

ОСОБЕННОСТИ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В ЛЕСНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗАХ

Волокитин М.П.
ИФПБ РАН, г. Пущино
volokitin1@rambler.ru

Лесные экосистемы – это уникальные природные образования роль, которых в функционировании биосферы трудно переоценить. Интерес к изучению различных типов экосистем значительно возрос в последнее время, когда наметилась явная тенденция в глобальном изменении климата. Для специалистов в области почвоведения приоритетным направлением в этих исследованиях является познание особенностей почвообразовательного процесса под различными фитоценозами, и особенно под лесными [2, 3 и др.].

В лесных фитоценозах создаются особые гидротермические условия, которые существенным образом влияют на направленность почвообразовательного процесса. Здесь широко развиты ветровальные явления, что приводит к формированию сложной структуры почвенного покрова [1].

Растительный покров по своим свойствам более лабильный, чем почвенный, и, он в целом, быстрее реагирует на изменение внешних условий. Отклик же почвы (изменение её основных свойств) на меняющиеся условия, более длительный и менее заметный. Вместе с тем, такие свойства почв, как реакция почвенной среды, окислительно-восстановительные условия, круговорот биофильных элементов, насыщенность почв основаниями, могут измениться за достаточно короткий период (десятки лет). Подобные изменения достаточно быстро проявляются в начальный период почвообразования, либо в результате смены растительности (при сукцессиях). Так, нами установлено, что под насаждениями листовницы на серой лесной почве почвообразовательный

процесс смещается в сторону большей оподзоленности. В почвенном профиле, по граням структурных отдельностей появляется обильная кремнеземистая присыпка, реакция почвенной среды становится более кислой, увеличивается гидролитическая кислотность. Вместе с тем, отмечено увеличение гумуса по профилю серой лесной почвы. Такие изменения наиболее четко проявляются в почвах, где ведущий или сопутствующий почвообразовательные процессы совпадают или адекватны проявлению внешних условий, т.е. где происходит активизация определенного почвообразовательного процесса.

Наиболее заметные и быстрые изменения, под воздействием растительности, происходят на легких по гранулометрическому составу почвах. Древесные породы, в силу своих биологических особенностей, реагируют и воздействуют на почву по-разному. Так, наши исследования, проведенные в Приокско-Террасном биосферном заповеднике, показали, что реакция среды в приствольном круге осины была на 1.47-1.76 ед. выше, чем у сосны (значения рН были равны соответственно 5.58-6.45 и 4.11- 4.69). По степени подкисления почвы породы расположились в следующий возрастающий ряд: осина–липа–береза = дуб–сосна–ель.

При изучении почвенного и растительного покровов Чувашского национального парка "Чаваш Вармане" было установлено, что при не высокой буферной емкости песчаных отложений, почвообразовательный процесс определяется составом растительности и условиями внешней среды. На этих отложениях коренным типом леса являются простые сосняки, иногда с примесью ели. Качественный состав опада и кислотный характер его разложения определяют направленность почвообразовательного процесса. Несмотря на характер песчаных отложений, формирующиеся на них фитоценозы обладают высокой устойчивостью и способны длительное время функционировать в этих, казалось бы, экстремальных условиях. Характер отложений и вид произрастающей растительности: от хвойных до хвойно-широколиственных лесов, существенным образом отразился на формировании профиля дерново-подзолистых почв. На этой территории выделены дерново-подзолистые почвы как с полным набором генетических горизонтов, характерным для этого подтипа почв, так и слабо дифференцированные не полно профильные почвы.

На связных песках, или легких суглинках, особенно когда они с небольшой глубины (40-60см) подстилаются более тяжелыми суглинками и глинами, произрастает широкий спектр древесных пород (сосна, ель, береза, осина, липа, дуб и др.). Однако, и в этом случае, немаловажную роль играет видовой состав растительности. При заселении песков широколиственными породами формируются скрытоподзолистые почвы, или почвы борových песков. В почвообразовательном процессе дерновый процесс становится ведущим. Почвы формируются менее кислые, больше насыщены основаниями. По реакции почвенной среды верхний гумусово-аккумулятивный горизонт незначительно отличается от почвообразующей породы.

При произрастании хвойных пород на таких же примерно почвенных разновидностях, формируются подзолистые почвы с морфологическими и химическими свойствами присущими только этим почвам. Они характеризуются сильнокислой реакцией среды, высокой гидролитической кислотностью гумусового горизонта, незначительной степенью насыщенности основаниями. В связи с этим сукцессионная стадия на таких почвах ожидается более длительной, чем на других более благоприятных для произрастания древесных пород почвах. Возможно даже, что эта ниша занята только хвойными породами.

На суглинистых и глинистых почвах произрастают преимущественно смешанные и широколиственные леса. Исследования показали, что в результате активной хозяйственной деятельности в прошлом, на этой территории происходит изменение видового состава фитоценозов. В составе древостоя возрастает доля таких широколиственных пород как дуб, липа, клен, ясень. По сравнению с хвойными породами (сосна и ель), возраст которых достигает 80-150 лет и более, широколиственные породы моложе и их возраст не превышает 50-70 лет. Вероятно, что коренные широколиственные породы ранее подвергались значительным вырубкам. Это находит подтверждение в свойствах почв, на которых произрастают молодые мелколиственные породы (березово-осиновые леса). Почвы характеризуются слабокислой реакцией среды, в составе поглощенных оснований преобладает кальций и магний, гумусовый профиль выражен более четко.

Литература

1. Васнев И.И., Таргульян В.О. Ветровал и таежное почвообразование (режимы, процессы, морфогенез почвенных сукцессий). М.: Наука, 1995. 247с.
2. Карпачевский Л.О., Рожков М.Л., Карпачевский М.Л., Швиденко А.З. Лес, почва и лесное почвоведение // Почвоведение. 1996. № 5. С. 586 – 598.
3. Мигунова Е.С. Леса и лесные земли. Харьков: Новое слово, 2010. 364 с.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ КЛЮЧЕВЫХ ВИДОВ ПОЧВЕННОЙ БИОТЫ В БОРЕАЛЬНЫХ ЛЕСАХ РАЗНЫХ ТИПОВ СЕВЕРНОГО УРАЛА

Гераськина А.П.
ГБОУ ВПО СГМА Минздрава, г. Смоленск
angersgma@gmail.com

Представители сем. Lumbricidae в значительной степени определяют характер почвообразовательного процесса, состав и структуру почвенной биоты. Роль люмбрицид до сих пор не достаточно полно исследована в бореальных лесах.

Цель работы – выявление состава и структуры комплекса дождевых червей в основных типах бореальных лесов Северного Урала.

Материал по населению дождевых червей собран в верховьях Печоры (Печоро-Ильчский заповедник) в 2012-14 гг. Исследования проведены в основных типах темнохвойных лесов [3, 4]: высокотравных приручьевых (ПП 1) и плакорно-склоновых (ПП 2), крупнопоротниковых (ПП 3), зеленомошных (ПП 4) и сфагновых (ПП 5). Использованы стандартный метод раскопки и ручной разборки почвенных проб (Гиляров, 1987) и новый метод оценки населения дождевых червей в разлагающихся древесных стволах (валеж). Для количественного учета было взято 64 почвенные пробы размером 50 см x 50 см и обследовано 26.5 м³ валежа (3 и 4 стадий разложения), для учета фауны – 46 прикопок. Собранных червей фиксировали в 4% растворе формалина, взвешивали и проводили видовую идентификацию по [1]. Всего определено 930 особей.

Обнаружено семь видов люмбрицид, принадлежащих к трем морфо-экологическим группам: подстилочные - *Dendrobaena octaedra* (Savigny, 1826) и *Dendrodrilus rubidus tenuis* (Eisen, 1874), почвенно-подстилочные – *Perelia diplotetratheca* (Perel, 1976), *Eiseniatlavinyteae* (Perel et Graphodatsky, 1984), *Eisenia nordenskioldi nordenskioldi* (Eisen, 1873) и собственно-почвенные – *Aporrectodeacaliginosa caliginosa* (Savigny, 1826) и *Octolasion lacteum* (Örley, 1885). Первые пять видов указаны в недавних исследованиях данной территории [5]. Сведения о находках представителей группы собственно-почвенных видов в изучаемых сообществах отсутствуют. Новые для данной территории виды найдены: *A. caliginosa* в валеже ПП 2 и *O. lacteum* в переувлажненной почве ПП 1. Наибольшее видовое разнообразие люмбрицид отмечено в высокотравных пихто-ельниках (ПП 1 и ПП 2), которые отличаются максимальным видовым разнообразием сосудистых растений и максимальной ежегодной фитомассой опада напочвенного покрова [2]. Наибольшая численность (39 экз./м²) и биомасса (31 г/м²) червей выявлена в приручьевых высокотравных лесах. В этих лесах по численности доминирует уральский эндемик *P. diplotetratheca*, по биомассе *E. nordenskioldi*. Сибирский вид *E. atlavinyteae* – субдоминант, как по численности, так и по биомассе. Подстилочные космополитные виды *D. octaedra* (Savigny, 1826) и *D. rubidustenuis* найдены в почве в небольшом количестве. При обследовании валежа здесь обнаружены те же виды, что и в почве.

Указанные для высокотравных приручьевых пихто-ельников виды (кроме *O. lacteum*) обнаружены и в плакорно-склоновых. Численность и биомасса люмбрицид здесь ниже: 25 экз./м², биомасса 13 г/м².

Наименьшее видовое разнообразие и минимальная численность и биомасса характерны для пихто-ельников крупнопоротниковых, чернично-зеленомошных и сфагновых. Здесь обнаружены три вида люмбрицид: в почве только *P. diplotetratheca*, а в валеже помимо него *D. octaedra* и *D. rubidus tenuis*. В этих лесах наименьшая численность (2-8 экз./м²) и биомасса (1-2 г/м²) червей.

Сравнение наших результатов с полученными ранее данными [5] позволили увеличить общий список видов в темнохвойных лесах от 4 до 7 видов, показали присутствие дождевых червей в сфагновых лесах (3 вида), выявили высокую значимость валежа в поддержании видового разнообразия исследованных лесов. Впервые в высокотравных лесах заповедника (ПП 1 и ПП 2) обнаружены внутрпочвенные виды.

Литература:

1. Всеволодова-Перель Т.С. Дождевые черви фауны России: Кадастр и определитель. М. Наука, 1997. 102 с.
2. Луговая Д.Л., Смирнова О.В., Запрудина М.В., Алейников А.А., Смирнов В.Э. Микромозаичная организация и фитомасса напочвенного покрова в основных типах темнохвойных лесов Печоро-Ильчского заповедника // Экология. 2013. №1. С. 3-10
3. Смирнова О.В., Бобровский М.В., Ханина Л.Г., Смирнов В.Э. Биоразнообразие и сукцессионный статус старовозрастных темнохвойных лесов южной части Печоро-Ильчского заповедника // Тр. Печоро-Ильчского заповедника. 2007. Т. 15. С. 28-47

4. Смирнова О.В., Алейников А.А., Семиколенных А.А., Бовкунов А.Д., Запрудина М.В., Смирнов Н.С. Пространственная неоднородность почвенно-растительного покрова темнохвойных лесов в Печоро-Ильчском заповеднике // Лесоведение. 2011 № 6. С. 67-78
5. Шашков М.П., Камаев И.О. Население дождевых червей темнохвойных лесов нижней части бассейна реки Большая Порожная (приток реки Печора) // Тр. Печоро-Ильчского заповедника. Сыктывкар: Изд-во Коми НЦ УрО РАН, 2010 Вып. 16. С. 204-207

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И БИОРЕМЕДИАЦИЯ ПОЧВ АНТРОПОГЕННО-НАРУШЕННЫХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Гродницкая И.Д., Сорокин Н.Д.
ИЛ СО РАН, г. Красноярск
igrod@ksc.krasn.ru

Для наземных, в том числе почвенных, экосистем в настоящее время широко используется биологический (экологический) мониторинг по отдельным группам организмов, включая беспозвоночных животных и микроорганизмы. Однако до сих пор в общей структуре биологического мониторинга отсутствует микробиологическая подсистема. По мнению некоторых исследователей [1, 4], его введение необходимо и правомерно, в связи с тем, что микроорганизмы – это приоритетный объект мониторинга, преимущество которого основано на функции микробных сообществ в поддержании гомеостаза природной среды и специфических особенностях микробных популяций, позволяющих использовать их с целью биоиндикации. Как биоиндикатор микробное сообщество – самый чуткий показатель почвенно-химических условий, способное дать интегральную оценку состояния почвенного покрова и экосистемы в целом. Располагая комплексом данных о состоянии микробных сообществ в зонах воздействия природного или антропогенного фактора, можно определить степень и характер нарушения в их функционировании, а затем выявить и устранить эти нарушения в экосистемных процессах [1, 2].

Концепция микробиологического мониторинга и биоремедиации основывается на понимании того, что отдельные виды микробных сообществ или природные закономерности их сочетания могут рассматриваться как индикаторы состояния окружающей природной среды. В то же время модель микробиологического мониторинга предполагает не только выявление элементов слежения (индикаторов) за состоянием экосистем, но и включает в себя целенаправленное воздействие на них (биовосстановление). Развитие микробиологического мониторинга тесно связано с созданием системы управления и качеством природной среды [1, 2, 3, 4].

Лесные экосистемы, подверженные промышленным загрязнениям, подвергаются долговременным стрессовым факторам, вызывающим крупномасштабные изменения в них. Под воздействием техногенного загрязнения происходит трансформация свойств почвы, ее подкисление, меняется состав гумуса и почвенной микробиоты, снижается общая устойчивость и продуктивность насаждений [5].

В условиях континентального климата Средней Сибири, где биодинамика почв недостаточно изучена, особенно актуальным и важным становятся микробиологическая диагностика и, на ее основе, микробиологический мониторинг почв антропогенно (техногенно) загрязненных и нарушенных природных и искусственно-созданных (лесопитомники, интродуцированные лесные культуры) лесных экосистем.

Целью исследований являлась оценка состояния почв в промышленно загрязненных естественных и искусственно-созданных (лесопитомники) лесных экосистемах Сибири на основе комплексного микробиологического мониторинга, включающего в себя выявление наиболее адекватных микробиологических индикаторов, и обоснование эффективности биовосстановления (биоремедиации) нарушенных почв с помощью микробных агентов.

Ответные реакции микробных комплексов на техногенные выбросы Красноярского алюминиевого завода (КРАЗа) изучали в сосново-березовом лесу и лиственничнике мертвопокровном Погорельского стационара ИЛ СО РАН (модельные природные опыты) на темно-серых суглинистых почвах, загрязненных фтористыми, сернистыми соединениями и тяжелыми металлами в разной степени.

С целью понимания определенной направленности почвенно-биологических процессов в динамике, проводили ежегодный мониторинг сукцессионных изменений почвенных микробоценозов в ризосфере семян хвойных в лесных питомниках Сибири.

Микробиологическую биоремедиацию (восстановление) осуществляли с помощью внесения микробных агентов в истощенные и деградированные почвы тех же лесопитомников и на опытные участки Погорельского стационара ИЛ СО РАН.

В результате многолетних исследований микробоценозов нарушенных и загрязненных почв лесных экосистем Сибири изучены характер функционирования микробных сообществ под антропогенными нагрузками и выявлены наиболее адекватные микробные индикаторы, с помощью которых возможно сделать экспресс-оценку степени и причин нарушения, осуществить прогноз и предложить меры по восстановлению таких почв. Показано, что микробные комплексы служат инструментом диагностики состояния почв, дают количественную оценку степени нарушения и способности почв к восстановлению. На основе оценочных микробных критериев разработана комплексная схема микробиологической индикации и биоремедиации лесных почв при воздействиях антропогенных факторов. Установлены универсальные оценочные показатели, позволяющие оценить состояние почвенного микробного сообщества при разных воздействиях: величина микробной биомассы (МБ), интенсивность микробного дыхания (БД), микробный метаболический коэффициент (qCO_2), шкала диапазона численности эколого-трофических групп микроорганизмов (ЭКГТМ), состав доминантных групп и видов (ДГ), ферментативная активность (ФА). Для оценки степени влияния техногенных выбросов на почву наиболее адекватными микробными индикаторами являются: соотношение численности бактерий к грибам (Б/Г), реакция популяции споровых бактерий (*Bacillus subtilis*) на разные дозы загрязнителей.

Систематические агротехнические мероприятия, включающие химические и биологические обработки почв в лесных питомниках, существенно изменяют условия развития микроорганизмов, что отражается на напряженности биодинамических процессов в почве и активности почвенных ферментов. Отмечено, что во всех питомниках активность микробных сообществ менялась в зависимости от агротехнических приемов возделывания почвы. При диагностике лесорастительной оценки и фитосанитарного состояния почв лесопитомников специфическими показателями являются: коэффициент микробной сукцессии ($K_{\text{сукц}}$), соотношение фитопатогенных и сапротрофных форм микроорганизмов (Ф/С).

Показано, что микробные комплексы перспективны не только в биоиндикации, мониторинге и повышении лесорастительной продуктивности, но и в биоремедиации загрязненных и деградированных почв. Микробиологическая биоремедиация почвенного покрова в лесных питомниках Сибири, с помощью внесенных микробных агентов, способствует восстановлению нативной почвенной микробиоты, улучшению фитосанитарного состояния почвы. Микробные агенты (аборигенные микроорганизмы, обладающие высокой антагонистической и ростстимулирующей способностью), внесенные в почвы лесопитомников, способны повышать видовое разнообразие бактерий и микромицетов сапротрофного комплекса, снижать численность фитопатогенных грибов (pp. *Fusarium*, *Verticillium*, *Cladosporium*, *Phytium*, *Rhizoctonia*) в 2.5-3.5 раза, увеличивать индекс подавления болезней (133%), повышать продуктивность и выход здоровых семян хвойных (30-50%). Подобные изменения способствуют снижению фитопатологической нагрузки почвы и уровня инфекционного полегания семян хвойных, повышению выхода качественного лесопосадочного материала.

Литература

1. Никитина З.И. Микробиологический мониторинг наземных экосистем. – Новосибирск: Наука, 1991. – 222 с.
2. Никитина З.И., Голодяев Г.П. Экология микроорганизмов и санация почв техногенных территорий. – Владивосток: Дальнаука, 2003. – 176 с.
3. Сорокин Н.Д. Микробиологический мониторинг лесных экосистем при различных антропогенных воздействиях // Успехи современной биологии. – 1993. – Т. 113, вып. 2. – С. 34-37.
4. Сорокин Н.Д., Евграфова С.Ю., Пашенова Н.В., Гродницкая И.Д., Полякова Г.Г., Афанасова Е.Н. Микробиологическая индикация и мониторинг нарушенных лесных экосистем Сибири // Сибирский экологический журнал. – 2005. – № 4. – С. 687-692.
5. Чжан С.А., Пузанова О.А. Почва – неотъемлемый компонент наземного биогеоценоза // Актуальные проблемы лесного комплекса. Сборник научных трудов. – Брянск, 2006. – Вып. 15. – С. 129-132.

ГИДРОТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПЕРЕГНОЙНО - КАРБОНАТНЫХ ГОРНЫХ-ЛЕСНЫХ ПОЧВ ПОД ДУБНЯКАМИ

Гюлалыев Ч.Г.
Институт Географии НАНА, Азербайджан
ch_gulaliyev@yahoo.com

Как известно, температурный и влажностный режимы почв формируются в тесной зависимости от атмосферного климата и оказывают прямое воздействие на продуктивность лесов и на процессы почвообразования. Водный и температурный режимы почв под лесными растениями не только зависят от климата и свойств почвы, а также от состояния и влияния других экологических факторов, таких как особенности леса, рельеф, грунтовая вода, ветер и др. Лес охлаждает почву летом и повышает ее температуру зимой. В этом процессе решающую роль играют различные лесные ландшафты. Поэтому изучение температурного и водного режимов лесных почв и выявление их специфики как элемента почвенного климата имеет большое теоретическое и практическое значение для продуктивности лесных сообществ.

В работе рассматривается исследование температурного и водного режима перегнойно-карбонатных горных-лесных почв под дубняками, которые находятся в Пиркулинском массиве юго-восточного склона Большого Кавказа при географическом стационаре института географии им. Г.А. Алиева Национальной Академии Наук Азербайджана. Наблюдения за температурным режимом проводились с помощью электротермометров ФМ-2М, датчики которых устанавливали до глубины 1 м, а влажность почв определялась методом высушивания образцов почвы при 105°C, отобранных буром.

Надо отметить, что исследуемые лесные почвы находятся на территории Пиркулинского массива, расположенного в Шемахинском районе Азербайджанской республики, в среднегорной полосе на высоте 1483 м. Поверхность лесного массива характеризуется пологими, изрезана хребтами, крутыми склонами. Слагающие материнские породы представлены верхнемеловыми известняками и палеогеновыми карбонатными глинами, которые являются продуктами выветривания. Хотя территория указанного стационара небольшая, но здесь довольно отчетливо прослеживается вертикальная поясность, характерная для прилегающих территорий.

Территория, согласно агроклиматическому районированию, относится к прохладной, характеризующейся основной почвенно-ландшафтной зоной юго-восточного склона Большого Кавказа. На этой территории почвообразовательные процессы происходят в условиях холодного, умеренно теплого и сухостепного климата [2]. Среднегодовое количество атмосферных осадков увеличивается от 650 до 800 мм, средняя температура воздуха в зоне 9.2°C. Лесная подстилка имеет толщину 2 см. Основное преимущество стационара состоит в том, что он образован из субальпийской, лесной, нагорно-ксерофитной формации. Карбонаты в перегнойно-карбонатных почвах дубняков вымылись из горизонта А. Почва имеет слабощелочную реакцию.

Температурный режим перегнойно-карбонатных горных-лесных почв под дубняками имеет четко выраженный сезонный ритм. Результаты наблюдений за температурой показали, что основные температуры в метровом слое разнотравных перегнойно-карбонатных горных-лесных почв под дубовым лесом в вегетационный период меняются. Так в апреле средняя температура составляла 7.4 С на глубине 0-20 см, а на глубине 50-100 см 6.2°C. В октябре средняя температура на глубине 0-20 см составляла 9.8 С, а на глубине 50-100 см составляла 19.7°C. Годовые температурные амплитуды под дубовыми лесами в среднем составляли 19.3-22.1 С. В стационаре выявлено, что температура лесных фитоценозов в вегетационный период в среднем составляла 14 - 15°C. В январе атмосферная температура воздуха днем составляла -0.4 С, относительная влажность воздуха 73.1%, атмосферное давление 860 mBar, атмосферная температура воздуха ночью 6.3 С. В отличие от температуры воздуха, температура в почве снизилась еще в феврале. Такая тенденция продолжалась в конце февраля в верхних слоях, а в нижних слоях продолжалась до середины апреля. Температурный режим более отчетливо выражается в направлении склонов. По сравнению с северными склонами южные склоны подвержены более высоким температурам (в пределах 1.5-2 С). Многолетний опыт показал, что температура с апреля до сентября от поверхностного почвенного профиля вниз уменьшается, а с октября по март повышается. Таким образом, было выявлено, что в апреле и октябре происходит почти выравнивание температуры в почвенном профиле. Видимо, это связано с обильным выпадением ливневых осадков летом и осенью. Они выравнивают температуру по глубине за счет увеличения коэффициента теплопроводности и переноса тепла гравитационной влагой [1].

В начале вегетационного периода (апрель) по профилю почвы наблюдается максимальное влагосодержание. К концу вегетационного периода по всему профилю наблюдается уменьшение

влажности. Особенное уменьшение влажности наблюдается в верхних слоях почвы. Естественно, это уменьшение связано с расходом влаги на транспирацию и испарение. В июле месяце, когда расход влаги максимален, а количество осадков минимально, в верхнем (0-40 см) слое почвы начинается резкое уменьшение влаги. Даже в некоторых случаях в июле и августе в указанном слое почвы наблюдается минимальное количество влаги.

Анализ результатов исследований гидротермического режима почвенного профиля указывает на тесную обратную связь между температурой и влажностью перегнойно-карбонатных горных-лесных почв под дубовым лесом. Повышение температуры стимулирует обратный почвенный процесс.

Исследования показали, что температура атмосферного воздуха и влажности остаются ключевыми факторами, определяющими температурный режим перегнойно-карбонатных горных-лесных почв под дубовым лесом.

Литература

1. *Битюков Н.А.* Температурный режим бурых лесных почв под букняками //Известия Сочинского государственного университета. 2012. № 3 (21).С. 219-223.
2. *Гасанов Х.Н.* Сезонное накопление лесного опада и его зависимости от гидротермического режима почвы // Труды Азербайджанского филиала всесоюзного общества почвоведов. Изд. "Элм", Баку, 1974. С. 130-134.

ДИНАМИКА МИНЕРАЛЬНОГО РЕЖИМА ПОЧВ В ХОДЕ ПОСЛЕПОЖАРНЫХ СУКЦЕССИЙ ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ ПЕЧОРО-ИЛЫЧСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Калимова И.Б., Дроздова И.В., Беляева А.И.
БИН РАН, г. Санкт-Петербург
Alyssum7@gmail.com

Пожары оказывают существенное воздействие на лесные экосистемы, нарушая их нормальное развитие. Пирогенный фактор влияет и на почвенный покров, как на один из важнейших компонентов биогеоценоза. Актуальной задачей является определение количественных параметров, характеризующих состояние биогеоценозов и взаимосвязь их компонентов на разных стадиях восстановления после катастрофических нарушений, таких как лесной пожар [1]. Изучали послепожарную динамику некоторых физико-химических свойств почв среднетаёжных лесов Печоро-Ильчского биосферного заповедника, большую часть территории которого занимают еловые леса. Исследования проводились в районе верхнего течения р. Печора, в зоне распространения чернично-зеленомошных и папортниково-зеленомошных пихто-еловых сообществ (62°07' с.ш. 58°39' в.д.), сформированных на Al-Fe-гумусовых подзолах. В районе исследования были заложены пробные площади в сообществах с давностью пожара 70 лет, находящихся на начальной стадии послепожарной сукцессии, где основным лесообразующим видом является берёза, и в климаксовых пихто-еловых сообществах с давностью пожара более 500 лет [2]. На пробных площадях сотрудниками лаборатории Экологии растительных сообществ БИН РАН В.В. Горшковым, Н.И. Ставровой, И.Ю. Баккал отбирались образцы из генетических горизонтов почвенных разрезов.

В почвенных образцах атомно-абсорбционным методом нами было определено содержание подвижных форм Cu, Ni, Zn, Fe, Mn и Co в 1н. ацетатно-аммонийной вытяжке с pH 4.8, а также потенциально подвижных форм этих элементов – в 1н. азотнокислой вытяжке. Показатели актуальной кислотности среды оценивали по величине pH водной почвенной суспензии, содержание органического вещества – по величине потерь при прокаливании.

Известно, что подзолистые почвы обычно характеризуются кислой реакцией среды. Выявлено, что значение актуальной кислотности всех генетических горизонтов почв берёзовых сообществ с давностью пожара 70 лет выше, чем в пихто-еловых с давностью пожара более 500 лет. Вниз по почвенному профилю происходит снижение кислотности в обоих типах сообществ. Так, pH водной суспензии лесной подстилки березняков имеет среднее значение 4.65, а пихто-ельников – 3.77. Значения актуальной кислотности в нижней части почвенного разреза, горизонте С, повышались до 5.65 и 5.11 соответственно.

По степени гумусированности почвы в ненарушенных лесах превосходят почвы вторичных сообществ. Значения показателей потерь при прокаливании лесной подстилки для этих сообществ составляют в среднем 87% и 64.8% соответственно. Вниз по почвенному профилю этот показатель существенно снижается в обоих случаях, и в горизонте С имеет среднее значение под пихто-ельниками 5.23%, а под листовыми сообществами – 5.13%.

Наиболее значительному пирогенному воздействию подвергается лесная подстилка. Анализ химического состава подстилки показал, что в лесных сообществах с давностью пожара 70 лет подстилка отличается более высоким содержанием всех определявшихся микроэлементов, кроме Fe. Например, содержание потенциально-подвижных форм Mn в лесной подстилке почв этих сообществ в 6.6 раза, а подвижных - в 4.4 раза выше, чем в подстилке сообществ с давностью пожара более 500 лет. Содержание потенциально-подвижного и подвижного Zn в почвах под березовыми сообществами также соответственно в 2.3 и 4.2 раза выше, чем под пихто-еловыми. В то же время, в почвах последних обнаружена в 6 раз более высокая концентрация потенциально-подвижных и, особенно, подвижных форм Fe – в 10.3 раза.

Выявлена специфичность распределения микроэлементов по минеральным горизонтам почвенного профиля. Характерной особенностью иллювиального горизонта В₁ в почвах обоих типов растительных сообществ, является высокое накопление Fe. Среднее содержание потенциально-подвижных форм Fe в этом горизонте в березняках составляет 2863, а в пихто-ельниках – 3404 мг/кг воздушно-сухой почвы, что в 7 раз превосходит концентрацию элемента в горизонте С. Установлено, что доля подвижных форм соединений Fe для горизонта В₁ в пихто-ельниках составляет 55.3%, в березняках - 29.1% от потенциально подвижных форм. В то время как в горизонте С Fe более прочно связано и доля его подвижных форм в обоих типах сообществ не превышает 10%. Большая часть Mn, напротив, вымывается в нижнюю часть почвенного профиля и его максимальное содержание обнаруживается в горизонте С: 68.7 мг/кг - в березняках и 48.2 мг/кг - в пихто-ельниках. Следует отметить, что Ni в основном содержится в потенциально-подвижной форме и его содержание практически не зависит от давности пожара и видового состава растительных сообществ. Максимальное накопление этого элемента происходит в горизонте С и составляет 1.81 в березняках и 1.73 мг/кг - в пихто-ельниках. В почвах под растительными сообществами с давностью пожара более 500 лет отмечается в 4 раза более высокое содержание потенциально-подвижных форм Co по сравнению с почвами под сообществами с давностью пожара 70 лет. Этот элемент также обнаруживается большей частью в нижней части почвенного профиля, но в незначительных количествах присутствует и в горизонте В₂.

Таким образом, полученные нами данные позволили выявить особенности минерального режима почв среднетаежных лесов на разных стадиях послепожарной сукцессии, являющегося важным фактором восстановительных процессов лесных экосистем.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ, проект № 11-04-01664.

Литература

1. Горшков В.В. Послепожарное восстановление сосновых лесов Европейского Севера: Автореф. дис. докт. биол. наук: 03.00.05. СПб: БИН РАН им. В.Л. Комарова, 2002. 35с.
2. Ярмишко В.Т., Баккал И.Ю., Борисова О.В., Горшков В.В., Катютин П.Н., Лянгузова И.В., Мазная Е.А., Ставрова Н.И., Ярмишко М.А. Динамика лесных сообществ Северо-Запада России. СПб: ВВМ, 2009. 276с.

FABRICATED SOIL FOR LANDSCAPE REHABILITATION

Кефели В.И.
Университет Р. Морриса, США
vkefeli@embarqmail.com

The main idea of preservation is rehabilitation of the soil which based on the idea of Sustainable Agriculture this ideas were presented at Pryanishnikov Honored Lecture (1990), Moscow, Kholodny Honored Lecture at Ukrainian Academy (Kyev, 1990) The de Monford University in the Institute of Norman Borlaug, England (1995) and in the Humbolt University, Berlin, Germany 2007. The main topics of the lectures were based on plant growth activation and soil fertility concerning the modern ideas of green revolution Balance of plant hormones and inhibitors in fast growing plants forced the evacuation of nutritive elements from the soil and bring the fields for active desertification. The ways of agro- landscape rehabilitation in the combination of woody plants propagation was presented in the books V. Kefeli, M. Kalevich 2003, Springer - Doderecht Verlag, and in the book Mechanism of Landscape rehabilitation and sustainability (with W. blum, Bentham books, United Emirates, 2010). Now we continue the investigation of fabricated soil for Landscape rehabilitaton based on the low income technology of carbon- nitrogen containing waste substrates (Slippery Rock Watershed Coalition, Pa USA).

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КРУГОВОРОТОВ УГЛЕРОДА И АЗОТА В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЫ

Комаров А.С., Шанин В.Н.
ИФХиБПП РАН, г. Пущино
as_komarov@rambler.ru

Процессом, объединяющим лесную экосистему в единое целое, является биологический круговорот элементов, который состоит из продукционной ветви, объединяющей разные уровни растительности, и деструкционной ветви, к которой относятся все животные, микробиологическое население, грибы и процессы химического, в первую очередь ферментативного, разложения органического вещества почвы. Биогеохимические циклы биофильных элементов являются ключевыми для понимания эволюции и современного состояния биосферы. Незамкнутость циклов приводит к изменениям условий местообитаний и, в свою очередь, к изменению структуры растительности, обеспечивая управление сопряженной динамикой растительности и почвы.

Биологический круговорот элементов суши происходит в настоящее время при сильном антропогенном участии, также происходят изменения климата и пр.

Анализ последствий таких изменений может быть проведен с помощью математического моделирования. Моделей динамики древостоев на временах оборота рубок (40-120 лет) разработано много [2], в то время как моделей, описывающих полный круговорот элементов, которые ориентированы на более долгосрочный прогноз, заметно меньше. Это, безусловно, связано со сложностью системы в целом и малой изученностью почвенных процессов и структуры трофических цепей почвенной биоты. В данной работе мы продемонстрируем применения системы моделей EFIMOD [2, 4], описывающей совместный круговорот углерода и азота в системе "древостой – почва" и позволяющей подключать новые блоки описания элементов лесных экосистем по мере понимания основных процессов и накопления данных для оценок параметров. Система моделей состоит из четырех основных блоков: модели роста биомассы отдельного дерева, пространственной индивидуально-ориентированной модели смешанных и разновозрастных древостоев, модели динамики органического вещества в почве ROMUL [3] и статистического генератора почвенной погоды SCLISS [1].

Основные допущения системы моделей: 1) древостой моделируется состоящим из отдельных деревьев, 2) каждое дерево состоит из пяти компонентов (ствол, ветви, листья/хвоя, толстые корни, тонкие корни); 3) каждое дерево взаимодействует с множеством ближайших деревьев посредством затенения и корневой конкуренции за доступный азот из почвы.

В модели ROMUL рассматривается динамика четырех обобщенных пулов органического вещества почвы. Первые два пула относятся к лесной подстилке: слаборазложившаяся подстилка (горизонт L), среднеразложившаяся подстилка (комплекс гумусовых веществ и неразложившихся растительных остатков (горизонты F и H)). Два пула органического вещества рассмотрены в минеральных горизонтах почвы: пул лабильного и стабильный гумус – комплекс гумусовых веществ в минеральных горизонтах со скоростью минерализации 1 – 1.5% в год. В модели рассмотрены соответствующие пулы азота, а также определяются эмиссия CO₂ из почвы и пул доступных для питания растений форм азота. В качестве выходных переменных для оценки используется суммарный углерод почвы и древесины, запас древесины разных пород деревьев и другие характеристики.

В качестве начальных данных по древостою использовались: возраст, средняя высота, стандартное отклонение высоты, средний диаметр, стандартное отклонение диаметра, количество деревьев на гектар. Этими параметрами описываются каждый элемент леса (группа деревьев, принадлежащих к одному виду, одной возрастной группы, со сходными биометрическими показателями). Входные данные пересчитываются из стандартных лесоустроительных данных.

Рассмотрим пример применения системы моделей для совместного анализа влияния климатических изменений и азотных выпадений из атмосферы для трансекта, выбранного на территории Европейской части РФ. В качестве экспериментальных объектов были выбраны Данковское лесничество в Московской области, Мантуровское лесничество в Костромской области и Железнодорожное лесничество в Республике Коми (общая площадь – порядка 17000 км²). Для проведения модельного эксперимента были приняты два климатических: 1 – при стационарном климате и 2 – в условиях климатических изменений (прогноз с помощью модели HadCM3, сценарий эмиссии A1Fi) и два сценария азотных выпадений: базовый (7.2 кг/га в год для Мантуровского, 13.2 – для Данковского и 4.8 – для Железнодорожного) и сценарий, предусматривающий рост выпадения соединений азота на 6 кг/га в год для каждого из объектов.

Повышение количества азота, поступающего в лесную экосистему вместе с атмосферными осадками, повышает продуктивность древостоев, что приводит к росту эмиссии углекислого газа. Дополнительный эффект оказывает более высокое содержание азота в растительных остатках, положительным образом влияющее на скорость их минерализации. Увеличение количества соединений азота, поступающих в лесные экосистемы из атмосферы, также приводит к возрастанию их продуктивности и к увеличению запасов органического вещества в почве, преимущественно за счет накопления органического вещества в лесной подстилке. Потепление действует в другом направлении, уменьшая количество органического вещества в подстилке. Суммарный эффект двух воздействий, приводит к общему увеличению органического вещества в почве, в особенности при стационарном климате. Этот вывод справедлив для всех трех территорий, причем на более северных территориях различия меньше. Подробно эти и другие результаты описаны в работе [5].

Литература

1. *Быховец С.С., Комаров А.С.* Простой статистический имитатор климата почвы с месячным шагом // Почвоведение. 2002. №4. С. 443-452.
2. Моделирование динамики органического вещества в лесных экосистемах (отв. ред. Кудеяров В.Н.). – М.: Наука, 2007. 380 с..
3. *Chertov O.G., Komarov A.S., Nadporozhskaya M.A., Bykhovets S.S., Zudin S.L.* ROMUL – a model of forest soil organic matter dynamics as a substantial tool for forest ecosystem modelling // Ecological Modelling. 2001. V. 138. P. 289-308.
4. *Komarov A., Chertov O., Zudin S., Nadporozhskaja M., Mikhailov A., Bykhovets S., Zudina E., Zoubkova E.* EFIMOD 2 - the System of Simulation Models of Forest Growth and Elements Cycles in Forest Ecosystems // Ecological Modelling. 2003. V. 170. Iss. 2-3. P. 373-392.
5. *Komarov, A.S., Shanin, V.N.* Comparative analysis of the influence of climate change and nitrogen deposition on carbon sequestration in forest ecosystems in European Russia: Simulation modelling approach // Biogeosciences, 2012. 9 (11), P. 4757-4770.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПОЧВЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПЕРЕРАБОТКИ КОСНОЙ МАТЕРИИ ЖИВЫМ ВЕЩЕСТВОМ

Корж В.Д.
ИО РАН, г. Москва
ocean41@mail.ru

Идеи В.И. Вернадского о роли живого вещества в геологических процессах намного опередили свое время. Лишь во второй половине XX века появились методологические разработки исследования сложных саморазвивающихся геологических систем [3, 4], которые позволяют этим идеям получить достаточно надежную адекватную оценку и должное развитие.

Ключом к определению специфики формирования элементного состава биосферы является исследование закономерностей перераспределения средних концентраций элементов между различными фазами: твердой - жидкой - газообразной (литосфера - гидросфера - атмосфера), происходящего в результате глобального непрерывного процесса переработки косной материи живым веществом [3, 5]. Элементные составы мы рассматриваем как целостные системы, обладающие собственным уровнем организации и эмерджентностью, т.е. несводимостью свойств системы к сумме свойств элементов ее составляющих.

Графическое сопоставление средних элементных составов океанской и речной воды приводит к следующим результатам. При количестве изученных элементов, равном 64, коэффициент корреляции равен 0.94. Практическое равенство тангенса угла наклона линии, полученной методом линейной регрессии, и линии, отражающей закономерность трансформации и миграции вещества на барьере океан-атмосфера, свидетельствует о равенстве констант нелинейности процессов перераспределения средних элементных составов между растворенной и твердой фазами на абсолютно разных геохимических барьерах океан-атмосфера и река-море [2]. Принципиальная общность этих геохимических барьеров состоит в том, что они являются местами "сгущения жизни". Регрессионный анализ позволил выявить общую тенденцию относительного увеличения концентраций микроэлементов в твердой фазе (и соответствующего уменьшения в растворе) в результате переработки косной материи живым веществом на геохимических барьерах океан-атмосфера и река-море.

Графический способ сопоставления средних элементных составов каменных метеоритов (протолитосферы) и поверхности литосферы (почвы), приводит к следующим результатам. Коэффициент корреляции между представленными в логарифмической форме концентрациями

элементов в протопланетном веществе и в литосфере для 71 изученного химического элемента равен 0.87. Тангенс угла наклона регрессионной прямой равен 0.75. Это численное значение тангенса является количественной оценкой показателя нелинейности процесса эволюции элементного состава в системе протолитосфера – «живое вещество» – почвы.

Впервые найдены общие закономерности перераспределения средних элементных составов в биосфере между твердой и жидкой фазами (литосфера - гидросфера). Этот процесс наиболее активен на биогеохимических барьерах, т.е. в местах "сгущения жизни", и проходит по ранее неизвестному нелинейному закону. Установлено, что результатом этого процесса является общее относительное увеличение в твердой фазе концентраций химических элементов по мере уменьшения их распространенности в окружающей среде. Следовательно, перевод химических элементов в менее растворимые соединения – это общая специфическая реакция «живого вещества» на дефицит их концентраций в среде обитания.

Этот процесс, проходящий в разных природных системах имеет практически один и тот же показатель нелинейности (v), равный приблизительно 0.7 (протолитосфера - «живое вещество» - почвы $v = 0.75$; река – «живое вещество» - океан $v = 0.67$; океан – «живое вещество» - атмосфера $v = 0.7$). Для современного уровня знания фактического материала эти оценки показателя нелинейности практически неразличимы. Таким образом, впервые установлено существование и получена количественная оценка универсальной константы нелинейности процесса эволюции элементного состава биосферы.

Представленные результаты получены методом эмпирического обобщения. О возможностях этого метода В.И. Вернадский писал: «Эмпирическое обобщение может очень долго существовать не поддаваясь никаким гипотетическим объяснениям, являясь непонятным, и все же оказывать благотворное огромное влияние. Но затем часто наступает момент, когда оно вдруг начинает освещаться новым светом, становится областью создания гипотез, начинает менять наши схемы мироздания и само меняется. Очень часто в эмпирическом обобщении мы имели не то, что думали, или в действительности имели много больше, чем думали» [1].

Литература

1. *Вернадский В.И.* Избранные сочинения, т. V, М.: Изд-во АН СССР, 1960, с.19
2. *Корж В.Д.* Биогеохимические аспекты формирования элементного состава вод Мирового океана // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. Тр. Биогеохим. лаб. Т. 23, М.: Наука. 1999. С. 6-37.
3. *Корж В.Д.* Специфика формирования элементного состава биосферы // Докл. РАН, 2003. Т. 392, №4, С. 517-520.
4. *Лебедев В.Л., Айзатулин Т.А., Хайлов К.М.* Океан как динамическая система. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 200с.
5. *Korzh V.* The general laws in the formation of the elemental composition of the Hydrosphere and Biosphere// J. Ecologica, Vol. XV, 2008. P. 13-21.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЕКРЕАЦИИ НА СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ЛЕСОПАРКОВ МОСКВЫ

Кузнецов В.А., Рыжова И.М.
МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, г. Москва
xts089@gmail.com

С ростом урбанизации, которая в настоящее время приняла глобальный масштаб, особую актуальность приобретает изучение рекреационных лесов. Для прогнозирования их динамики и выбора оптимального управления необходима комплексная качественная и особенно количественная информация о состоянии лесных экосистем и их компонентов при разных уровнях рекреационной нагрузки.

Целью нашей работы является количественная оценка изменений свойств дерново-подзолистых почв в зависимости от уровня рекреационной нагрузки.

В качестве объекта исследования выбраны экосистемы двух лесопарков Москвы: «Лосиного острова» и «Битцевского леса». В лесопарке «Лосиный остров» они представлены елово-липовым лесом на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах, а в «Битцевском лесу» - дубово-липовым на дерново-подзолистых легко- и среднесуглинистых почвах.

В каждом лесопарке в сходных автономных геоморфологических условиях было заложено по 5 пробных площадей (25×25 м), соответствующих 5 уровням рекреационной нагрузки, определенной по доле площади дорожно-тропиночной сети [3, 7], характеризующих каждую из пяти стадий дигрессии. На каждой пробной площади отбирались образцы подстилки и почв на тропинках, в

притропиночных зонах (на удалении от тропинок на 20, 50 и 100 см) и вне зоны прямого влияния тропинок. Степень выраженности тропинок оценивалась по критериям, предложенным М.С. Шапочкиным [8]. Свойства лесных почв характеризуются высокой внутрибиогеоценозной пространственной изменчивостью, обусловленной влиянием деревьев-эдикаторов, создающих мощные фитогенные поля [4]. Для ее учета вне зоны прямого влияния тропинок образцы отбирались методом заложения трансект (по 3 на каждой пробной площади) по прямой линии от ствола одного дерева до ствола другого: у ствола, в середине проекции кроны и в межкрупном пространстве (окне). Подстилка отбирались рамкой 25x25 см. Определялись мощность и соотношение подгоризонтов подстилки, запас сухого вещества, состав (доля измельченной (<1 см), активной (листья) и пассивной (ветки, кора, хвоя) фракций), влажность и кислотность (подстилка: вода 1:25).

Так как предыдущими исследованиями установлено, что влияние рекреационного воздействия на почвенные свойства ослабляется с глубиной [5], образцы почв отбирались только из верхнего минерального слоя 0-5 см и из слоев 5-10 и 10-20 см.

Физические (плотность, твердость, агрегатный состав) и химические (содержание гумуса, pH) свойства почв определялись общепринятыми в почвоведении методами [2, 6]. Электропроводность почв определялась в суспензии с соотношением почва-вода 1:1 на приборе Cond - 315i.

Статистический анализ данных выполнен в программе STATISTICA 6.0. Анализировались послонные выборки, составленные с учетом доли площади, занимаемых тропинками и притропиночными зонами на участках с разным уровнем рекреационной нагрузки.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наиболее сильно под влиянием рекреации изменяются почвы тропинок. Величина изменений определяется типом тропинки. При переходе от слабо к хорошо выраженным тропинкам увеличивается ширина зоны прямого влияния тропинки с 20 до 50 см и мощность почвенного слоя, подверженного рекреационному воздействию. На слабовыраженных тропинках статистически значимые изменения ($\alpha=0.05$) изучаемых почвенных свойств отмечены только в самом верхнем минеральном слое мощностью 5 см, а на хорошо выраженных они прослеживаются на глубине 10-20 см.

Высокой чувствительность к рекреации характеризуется горизонт подстилки. Под влиянием рекреации изменяется количество и соотношение подгоризонтов подстилки. На ранних стадиях рекреационной дигрессии подстилки относятся к типу гумифицированных или ферментативных по классификации Л.Г. Богатырева [1]. К третьей и четвертой стадиям тип подстилки меняется на деструктивный. Ее запасы статистически значимо уменьшаются только к пятой стадии на 25-33%. С возрастанием рекреационной нагрузки изменяется фракционный состав подстилки. В результате ее измельчения и перетирания при вытаптывании к пятой стадии дигрессии значительно возрастает доля измельченной фракции в елово-широколиственном лесу «Лосиног острова» в 5, а в широколиственном лесу «Битцы» в 9 раз.

Полученные результаты свидетельствуют о снижении кислотности подстилки, что связано с поступлением пыли и антигололедных реагентов. На пятой стадии дигрессии в изучаемых лесопарках pH подстилки достигает 6.0.

По мере усиления рекреационной нагрузки к пятой стадии дигрессии в верхнем слое (0-5 см) плотность почв статистически значимо увеличивается на 0.21-0.28 г/см³, а твердость в 2-3 раза. Под влиянием рекреации ухудшается структура почв. На первой стадии дигрессии доля агрономически ценных агрегатов в почвах изучаемых парков составляет 81, 83%. Статистически значимые изменения показателей, характеризующих структуру почв, наблюдаются при переходе на третью стадию дигрессии. В условиях максимальной рекреационной нагрузки на пятой стадии дигрессии доля агрономически ценных агрегатов снижается до 41, 45%. Рекреация влияет на электропроводность и кислотность дерново-подзолистых почв. К пятой стадии дигрессии электропроводность верхнего минерального слоя (0-5 см) увеличивается в 1.7-2.2 раза, а кислотность снижается. В почвах дубово-липового леса («Битцевский лес») pH увеличивается с 5.2 на первой стадии до 5.6 на пятой, а в елово-липовом лесу («Лосиный остров») с 4.3 до 5.1. По мере увеличения рекреационной нагрузки, вероятно, за счет втаптывания подстилки в верхний минеральный слой и поступления сажки отмечается увеличение содержания органического углерода в почве. Статистически значимые изменения наблюдаются при переходе к третьей стадии дигрессии. При увеличении рекреационной нагрузки увеличивается пространственная вариабельность всех изучаемых свойств почвы.

Для того чтобы оценить вклад каждого из почвенных свойств в разделение изучаемых объектов по стадиям дигрессии, был проведен пошаговый дискриминантный анализ. Полученные результаты показали, что наибольшей дискриминирующей способностью обладают характеристики почвенной структуры (коэффициент структурности почв и сумма агрономически ценных агрегатов).

Литература

1. Богатырев Л.Г. О классификации лесных подстилок // Почвоведение. №3. 1990. с. 118 - 127.
2. Воробьева Л.А. Химический анализ почв. М.: Изд-во МГУ, 1998.- 272 с
3. Казанская Н.С., Ланина В.В., Марфенин Н.Н. Рекреационные леса. Изд-во Лесная промышленность. М.,1977. - 96 с
4. Карпачевский Л.О. Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе. М.: Изд-во МГУ, 1977. 312 с.
5. Кузнецов В.А., Стома Г.В. Влияние рекреации на лесные городские ландшафты (на примере национального парка «Лосиный остров» г. Москвы) // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2013, №3. с. 27 – 33.
6. Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв. Под ред. Е.В. Шеина. М.: Изд-во МГУ. 2001.- 200 с.
7. ОСТ 56 - 100 - 95. Методы и единицы рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы. М.: ВНИИЦлесресурс, 1995. – 14 с.
8. Шапочкин М.С., Киселева В.В., Обыденников В.И. и др. Комплексная методика изучения влияния на экосистемы городских и пригородных лесов // Научные труды национального парка «Лосиный остров». М, 2003, вып.1. с. 12 - 28.

ОЦЕНКА БАРЬЕРНОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОЧВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ТАЙШЕТСКОГО АЛЮМИНИЕВОГО ЗАВОДА

Кузнецов П.В.¹, Халбаев В.Л.², Гребенщикова В.И.²
¹ЦЭПЛ РАН, г. Москва, ²ИГХ СО РАН, г. Иркутск
petr-kp@mail.ru

Открытие в последние годы в нашей стране новых предприятий по производству алюминия и сопутствующих им производств вызывает усиление нагрузки на окружающую среду, в том числе, поступление токсичных веществ (соединения фтора и др.) в почву. Дальнейшее их поведение контролируется различными факторами, среди которых большое значение имеют почвенные свойства, обеспечивающие выполнение барьерной экологической функции, т.е. создание геохимического барьера на пути миграции загрязняющих веществ. К таким свойствам относятся: а – гранулометрический состав, от которого зависит фильтрационная способность почв; б – содержание органического вещества и илистых частиц, определяющие сорбционную способность; в – кислотность и окислительно-восстановительный потенциал почв определяет условия миграции и аккумуляции веществ. Оценка этих свойств позволяет давать прогноз развития экологической ситуации, что является актуальной задачей.

Цель работы – выявление разнообразия почв, формирующихся в зоне влияния Тайшетского алюминиевого завода и оценка их барьерного потенциала. Объектами исследования служили почвы территории, прилегающей к Тайшетскому алюминиевому заводу. Выбор объекта обусловлен влиянием неблагоприятных климатических факторов на территории Тайшетского района, способствующих оседанию примесей из атмосферы вблизи источников выбросов (Михайлова и др., 2005) и, соответственно загрязнению расположенных поблизости от предприятия почв лесов, пойм рек, сельскохозяйственных угодий и селитебных зон.

Заложено 15 почвенных разрезов на разном удалении от предприятия с шагом 2 км по сторонам света. В полевых условиях проводились морфологические описания почв, определялся гранулометрический состав органолептическим методом, отбирались образцы почв по генетическим горизонтам. В образцах определялись актуальная кислотность и содержание органического углерода с использованием традиционных методов. Определения проводились в Аналитическом центре Института геохимии имени А.П. Виноградова СО РАН.

С учетом особенностей условий формирования почв и характера землепользования на территории исследований выделены аллювиальные почвы поймы р. Бирюсы, а также преимущественно дерново-подзолистые почвы под лесами, пашнями, залежами и сенокосами.

Гранулометрический состав почв варьирует от супесчаного до тяжелосуглинистого с преобладанием суглинистых разностей. Важными особенностями некоторых изученных почв являются наличие в их профиле карбонатных (преимущественно в почвах сельскохозяйственных угодий) и погребенных гумусовых горизонтов, выполняющих функции геохимических барьеров по отношению к загрязняющим веществам, в том числе соединениям фтора.

Наибольшее содержание $C_{орг.}$ фиксируется в полугидроморфных лесных почвах поймы р. Байроновки, что обусловлено особенностями их гидрологического режима, а наименьшее – в

пахотных почвах, что может быть связано с распашкой, в результате которой перемешиваются гумусовые и минеральные горизонты.

Кислотность почв формируется под влиянием различных факторов. При наличии карбонатных горизонтов реакция среды в почвенном профиле изменяется от слабокислой в верхней части профиля до слабощелочной – в нижней. На фоне общей закономерности снижения кислотности с глубиной профиля, в полугидроморфных лесных почвах поймы р. Байроновки наблюдается обратная закономерность, что мы объясняем особенностями гидрологического режима этих почв и химическим составом поступающих грунтовых вод.

Проведенный анализ дает основание предполагать, что, несмотря на наличие погребенных гумусовых горизонтов, низким барьерным потенциалом обладают аллювиальные почвы поймы р. Бирюсы. Это объясняется легким гранулометрическим составом, обеспечивающим высокую фильтрационную способность, низким содержанием органического углерода, а также отсутствием карбонатных горизонтов, что в целом определяет низкую поглотительную способность почв по отношению к загрязняющим веществам. Более высоким барьерным потенциалом обладают почвы пахотных земель. Несмотря на низкое содержание органического вещества, закреплению в этих почвах соединений фтора может способствовать тяжелый гранулометрический состав, а также наличие карбонатных горизонтов (на глубине залегания от 60 см). Самым высоким барьерным потенциалом обладают лесные почвы, в особенности полугидроморфные лесные почвы поймы р. Байроновки, отличающиеся мощными органогенными и органоминеральными горизонтами, богатыми органическим углеродом, а также тяжелым гранулометрическим составом.

Литература

1. Михайлова Т.А., Бережная Н.С., Плешанов А.С. и др. Комплексная оценка состояния лесов Тайшетского района перед запуском алюминиевого производства в г. Тайшете. – Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2005. – 159 с.

РЕАКЦИЯ ПОЧВ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИИ ЮГА СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ ОБУСЛОВЛЕННУЮ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКОЙ

Кухарук Н.С., Смирнова Л.Г.
БелГУ, г. Белгород
Kuharuk@bsu.edu.ru

Оценка современных тенденций наблюдаемых климатических изменений на территории юга Среднерусской возвышенности, к которой, в частности, относится Белгородская область, показывает, что в целом имеет место аридизация климата. Так климатические изменения выражаются в следующем: существенно выросла температура воздуха зимой; зимы в течение столетия стали короче на 10 дней; увеличилась продолжительность весеннего периода, как за счет сокращения зимнего сезона, так и за счет некоторого сокращения лета; агроклиматические условия улучшились - на 7 дней увеличилась продолжительность вегетационного периода со среднесуточной температурой воздуха более +5°C на фоне возросшего суммарного количества осадков летом; характер увлажнения изменился – возросла вероятность выпадения ливневых осадков и уменьшилась вероятность длительных экстремальных засух [2].

Почва как компонент окружающей среды, безусловно, претерпевает трансформации под действием изменения климатических параметров, поэтому ее изучение актуально и имеет практическое значение. В дубравных экосистемах лесостепи одним из основных факторов, определяющих их ресурсный потенциал, является плодородие почв, выражаемое через систему диагностических показателей. Таким образом, изучение вопросов, касающихся качественных показателей состояния почв в условиях климатической динамики для фитоценозов лесного типа юга лесостепи было целью нашего исследования. Почвы порослевых байрачных дубрав выступали в качестве объектов исследований. На территории Белгородского лесничества были заложены площадки. Древостои имеют возраст 70-100 лет. Дубравы и древостои в их составе: дубрава «Архиерейская роща» (состав древостоя: 8Д1Кло1Лпм., возраст (лет), средний диаметр на уровне груди (см), полнота, бонитет: 80-100; 34.4; 0.5-0.6; II); урочище «Половинное» (9Д1Лпм +Кло+Ос. 70-80; 27.8; 0.5-0.6; II-III); урочище «Муханова (7Д2Кло1Лпм. 80-100; 33.5; 0.5-0.6; II-III) и урочище «Дубовое» (8Д1Лпм1Кло. 90; 29.2; 0.5-0.6; II). Основу методики исследований составили: полевое изучение почв и лабораторная почвенная диагностика.

Для микроклимата дубового леса можно выделить ряд отдельных сезонов, характеризующихся различными условиями: а) весна – отмечается сильная инсоляция, резкие колебания температуры, ночные заморозки, повышенный дефицит влажности, прогревание

ограничено только верхними слоями почвы, б) переходный период к лету – происходит быстрое повышение температуры и прогревание почвы, снижается освещенность в травяном покрове, большой запас влаги в почве, в) первая половина лета – устанавливается переменная погода с чередованием периодов похолоданий и потеплений, снижение почвенной влажности, в конце обычно наступает первый засушливый период, сменяющийся ливневыми дождями; г) вторая половина лета характеризуется нарастанием температуры; д) начало осени – в лесу наблюдаются достаточно высокие дневные температуры воздуха, вследствие листопада древесных пород освещенность начинает повышаться, наблюдаются небольшие осадки; е) период покоя – это период неблагоприятный для жизнедеятельности растений [1].

В целом в лесостепной зоне микроклимат лесных фитоценозов имеет ряд отличий от условий в окружающей открытой местности: меньше годовые амплитуды температуры, выше относительная влажность воздуха, ослабление ветрового потока. Таким образом, микроклиматические характеристики влияют на состояние и трансформацию почв дубравных экосистем лесостепи.

В ходе исследования были выбраны наиболее информативные и диагностические почвенные показатели. В частности изучались: морфологические показатели (мощность прогумусированной или органогенной толщи, каменистость в слое 0.5 м., захламленность поверхности почвы, %); физические показатели (плотность сложения, переуплотнение корнеобитаемого слоя, гранулометрический состав); химические и физико-химические показатели (содержание гумуса, величина рН жидкой фазы почвы).

Установлено, что снижена мощность органогенной толщи в результате истощения органического профиля и нарушения плодородного слоя на объекте изучения – урочище «Половинное». Особенно в верхней части склона, где мощность гумусового горизонта меньше на 28%, а запасы гумуса на 33%. По трем исследуемым объектам – дубрава «Архиерейская роща», урочище «Дубовое» и урочище «Муханова» почвы не имеют столь значительных нарушений профиля и способны выполнять все экологические функции, продуктивность их не снижена.

Наличие в почве большого количества щебнисто-каменистого материала уменьшает «полезный» объем почвы, приводит к снижению в ней запасов влаги и питательных веществ, т.е. уменьшает ее плодородие. По данному диагностическому показателю к некаменистым почвам (включения камней от 3 до 7%) относятся урочище «Дубовое» и урочище «Муханова», а к слабокаменистым – дубрава «Архиерейская роща» и урочище «Половинное» (включения камней 11-18%).

Захламленность поверхности почвы наблюдалась на всех исследуемых полигонах. При характеристике этого показателя выделены следующие градации – незахламленная почва - площадь захламленных участков менее 10% (урочище «Дубовое» и урочище «Муханова»); почва слабо захламлена – захламлено 10-25% площади (дубрава «Архиерейская роща») и средне захламлена – захламлено 25-50% площади (урочище «Половинное»).

Из физических показателей важным диагностическим критерием устойчивого функционирования почв является плотность сложения. Высокое уплотнение почвы вызывает угнетенное состояние или гибель растений [4]. Плотность почвы сильно влияет на поглощение влаги, газообмен в почве, развитие корневых систем растений, интенсивность микробиологических процессов. Формирование густой дорожно-тропиночной сети в лесу, особенно ярко выраженной в дубрава «Архиерейская роща» и урочище «Половинное» привело к образованию множества участков с разной степенью нарушенности. На фоне естественных парцелл формируется система замкнутых чашеобразных участков с плотными стенками под дорожками [3]. Под дорожками этот показатель составил 1.39-1.51 г/см³. В пространствах между ними был в пределах оптимальных значений 0.96-1.14 г/см³.

Переуплотнение корнеобитаемого слоя вариабельно, в соответствии с уровнем вытаптывания. В рекреационных зонах дубрав оно изменялось в диапазоне от нормального состояния почв до среднеуплотненных.

Гранулометрический состав, измеряемый в данном случае через содержание физической глины (частиц <0.01 мм), в % изменялся в диапазоне 21-38% и соотносился с положением почв в катанарном комплексе.

Максимальные показатели содержания гумуса характерны для урочища «Муханова» (5.4%), а минимальные – дубрава «Архиерейская роща» (3.9%). Уменьшение данной величины свидетельствует о снижении качества почвы, ее плодородия.

Величина рН водной вытяжки для большинства почв показывает смещение реакции среды в щелочную сторону. При характеристике кислотно-щелочного режима исследуемых почв были представлены следующие градации: рН 6.5-7.0 – пригодные и плодородные; рН 7.0-7.5 – потенциально плодородные; рН 7.5-8.0 – малопригодные и слаботоксичные. Среднепригодных и среднетоксичных, а также непригодных по химическим свойствам и сильнотоксичных почв выявлено

не было. Показатели, характеризующие большую степень подщелачивания почв, определяются меньшей удаленностью объектов от городов и населенных пунктов, а также промышленных предприятий. Таким образом, эти качественные и количественные показатели позволили оценить состояние почвенного покрова и степень его деградации.

Исследование выполнено при поддержке Российского Научного Фонда (проект №14-17-00171) на тему: Региональные отклики компонентов окружающей среды на изменения климата разной периодичности: юг лесостепи Среднерусской возвышенности.

Литература

1. Горышина Т.К. Краткий обзор исследований по геоботанике и экологии растений в «Лес на Ворскле» за последние два десятилетия // Комплексные исследования биогеоценозов лесостепных дубрав. Л.: ЛГУ, 1986. С. 18-32.
2. Лебедева М.Г., Крымская О.В. Проявление современных климатических изменений в Белгородской области // Научные ведомости Белгородского государственного университета. №3 (43), вып.6. 2008. - С. 188-197.
3. Рысин Л.П., Рысин С.Л. Урболесоведение. М.: КМК, 2012. - 240 с.
4. Строганова М.Н., Мартыненко И.А., Прокофьева Т.В., Рахлеева А.А. Физико-химические и физико-механические свойства урбанизированных лесных почв // Лесные экосистемы и урбанизация. М.: Из-во научн. изданий КМК, 2008. - С. 90-124.

ПОЧВЕННАЯ МИКРОБИОТА СЕВЕРОТАЕЖНЫХ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА

Лаптева Е.М.¹, Виноградова Ю.А.¹, Шергина Н.Н.², Филатов А.Д.², Холопов Ю.А.¹, Новаковский А.Б.¹
¹ИБ УНЦ РАН, г. Сыктывкар, ²СыктГУ, г. Сыктывкар
lapteva@ib.komisc.ru

На европейском северо-востоке России сосновые леса приурочены в основном к древнеаллювиальным террасам рек, флювиогляциальным равнинам и заболоченным междуречьям [5]. В почвенном покрове под пологом сосновых лесов представлены разнообразные типы почв – от малоплодородных подзолов на кварцевых песках до богатых органическим веществом торфяных почв [1]. В Республике Коми основные массивы сосновых лесов сосредоточены в подзоне средней и южной тайги, в направлении с юго-запада на северо-восток их доля от лесопокрытой площади закономерно уменьшается с 31 до 10% [5].

Цель данной работы заключалась в выявлении особенностей изменения состава почвенных микробных сообществ, структуры их микробной биомассы и функциональной активности в градиенте влажности северотаежных сосновых лесов.

В качестве объекта исследования выбраны почвы трех ключевых участков, заложенных в сосняках: зеленомошно-беломошном (С бел), чернично-зеленомошном (С зел) и чернично-багульниково-сфагновом (С сф). Выделенные растительные сообщества расположены на бортовой террасе долины среднего течения р. Печора (Республика Коми, Печорский р-н, северная тайга). Они образуют естественный ряд по нарастанию уровня увлажнения почв: С бел → С зел → С сф. Почвенный покров первых двух ключевых участков представлен подзолами иллювиально-железистыми, третьего – торфяно-подзолами иллювиально-гумусовыми. При проведении полевых исследований использовали общепринятые методы почвоведения и почвенной микробиологии. Пробы почв для изучения состава почвенной микробиоты отбирали в соответствии с почвенными генетическими горизонтами в июле 2012 г. Соотношение эколого-трофических групп микроорганизмов определяли методом посева почвенных суспензий на селективные среды, состав микробной биомассы – методом люминесцентной микроскопии, функциональную активность почвенной микробиоты – методом мультисубстратного тестирования [6]. На основании полученных данных рассчитывали коэффициенты биоразнообразия (индекс Шеннона, индекс выравненности Пиелу), рангового распределения потребления субстратов, стабильности сообщества (d), а также удельную метаболическую работу (W) и интегральный параметр (G) общего благополучия системы [3]. Для сравнения спектров потребляемых субстратов применяли дискриминантный и кластерный анализы (кластеризация – по Варду, мера расстояния – Манхеттенское расстояние).

По своим физико-химическим свойствам, рассмотренные нами почвы северотаежных сосновых лесов соответствуют свойствам песчаных подзолов и торфяно-подзолов, описанных ранее на территории Республики Коми [1, 4, 7]. В отличие от почв еловых лесов, подзолы характеризуются неустойчивым водным режимом с дефицитом влаги в летний период [4]. В тоже время они более

теплообеспечены по сравнению с суглинистыми подзолистыми почвами темнохвойных лесов [2], что, наряду с бедностью субстрата, определяет своеобразие экологических условий, в которых функционирует микробиота в этих почвах.

Как и во всех лесных почвах таежной зоны, в исследованных нами сосновых лесах почвенная микробиота сконцентрирована в органогенных горизонтах (гор. А0) При переходе от лесных подстилок к подзолистому горизонту (гор. А2) наблюдается снижение численности бактерий в 4.3-7.0, спор грибов – 3.8-7.8 раз. Изменение длины грибного мицелия по профилю определяется экологическими условиями формирования почв. В наиболее сухих (С бел) и наиболее влажных (С сф) местообитаниях суммарная длина мицелия микроскопических грибов в подзолистом горизонте снижается в 3.0-4.4 раза по сравнению с горизонтами лесных подстилок. На участке С зел, занимающем промежуточное положение по гидротермическим условиям, грибной мицелий активнее заселяет минеральную часть профиля. Его длина и биомасса в гор. А2 сопоставимы с таковыми в гор. А0. Преобладающим компонентом микробных сообществ рассмотренных нами почв является грибной мицелий, что в принципе характерно для почв таежной зоны [8]. В органогенных горизонтах его доля составляет 84-89%, в минеральных – 90-98% от общей микробной биомассы.

В условиях более теплого, чем обычно, летнего периода 2012 г. наиболее благоприятные условия для развития микроорганизмов сложились в относительно более увлажненных почвах участков С зел и С сф. Об этом свидетельствуют на порядок более высокие значения в них численности бактерий, по сравнению с почвой участка С бел, и возрастание в лесных подстилках в ряду почв С бел → С зел → С сф длины грибного мицелия и общего количества спор грибов и дрожжеподобных клеток. Следует отметить, что по сравнению с почвами еловых лесов, формирующихся в аналогичных биоклиматических условиях, численность и биомасса микроорганизмов в почвах сосновых ценозов существенно ниже. Это находит свое отражение и в более низкой функциональной активности почвенных микроорганизмов в сосновых фитоценозах. Как показали результаты мультисубстратного тестирования, из 47 стандартных субстратов микробными сообществами органогенных горизонтов исследованных нами почв использованы всего 17-28 источников органического углерода, минеральных (гор. А2) – 2-4. Для сравнения, в почвах северотаежных еловых лесов в аналогичных горизонтах спектр утилизируемых субстратов включает соответственно 16-38 и 10-27 источников углерода. Снижение по мере нарастания увлажнения почв количества потребляемых субстратов и величины удельной метаболической работы W свидетельствует об изменении в этом направлении состава микробных сообществ и их функциональной активности. При этом в структуре микробных сообществ органогенных горизонтов в условиях повышенной влажности активизируются компоненты, участвующие в утилизации олигосахаров, спиртов и низкомолекулярных органических кислот, а в минеральных горизонтах – аминокислот. В тоже время в горизонтах лесных подстилок снижается относительная активность потребления гексоз, аминокислот, полимерных и азотсодержащих соединений, а в минеральных горизонтах – только азотсодержащих соединений, вплоть до полного отсутствия их потребления. Интересным является тот факт, что по функциональной активности микробных сообществ почвы сосняка чернично-зеленомошного и сосняка чернично-багульниково-сфагнового оказались близки, несмотря на то, что они относятся к разным типам почв. Причем при более высокой численности и биомассе бактерий их активность оказалась 2.9-4.1 раза ниже по сравнению с микробными сообществами, функционирующими в почве сосняка зеленомошно-беломошного.

Таким образом, в автоморфных песчаных почвах северотаежных сосновых лесов формируются микробные комплексы, характеризующиеся значительным функциональным разнообразием, позволяющим при низкой численности активно утилизировать основные источники органического углерода. В условиях повышенной влажности формируются почвенные микробные сообщества, отличающиеся низким функциональным разнообразием и низкой удельной метаболической работой при относительно высокой численности клеток и биомассы бактерий и микроскопических грибов.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта программы ОБН РАН №12-Т-4-1006 «Экологические качества эталонных почв Европейского Северо-Востока России, их биоорганический потенциал как критерий продуктивности и охраны в свете подготовки Красной книги почв Республики Коми».

Литература

1. Атлас почв Республики Коми / Под ред. Г.В. Добровольского, А.И. Таскаева, И.В. Забоевой. Сыктывкар, 2010. 356 с.

2. Галенко Э.П. Формирование теплового режима хвойных экосистем бореальной зоны в зависимости от лесобразующей породы и типа леса // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2013. Вып. 1(13). С. 32-37.
3. Добровольская Т.Г., Горленко М.В., Костина Н.В., Степанов А.Л., Нестеров С.А., Туинов А.В. Реакция бактериальных сообществ лесной подстилки и почвы на внесение легкодоступных источников углерода и азота // Проблемы агрохимии и экологии. 2012. № 2. С.36-41.
4. Забоева И.В. Почвы и земельные ресурсы Коми АССР / Под ред. И.П. Герасимова. Сыктывкар, 1975. 344 с.
5. Леса Республики Коми / Под ред. Г. М. Козубова, А.И. Таскаева и др. Москва: Издательско-производственный центр «Дизайн. Информация. Картография», 1999. 332 с.
6. 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.
7. Подзолистые почвы центральной и восточной частей Европейской территории СССР (на песчаных почвообразующих породах) / Б.Ф. Апарин, И.В. Забоева, Г.С. Липкина, Н.А. Ногина, Е.Н. Руднева, Т.В. Русакова, А.В. Слобода, И.С. Урусевская. Л.: Наука, 1981. 200 с.
8. Полянская Л.М., Звягинцев Д.Г. Содержание и структура микробной биомассы как показатель экологического состояния почв // Почвоведение. 2005. №6. С.706-714.

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ
ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫХ НАСАЖДЕНИЙ
ООПТ РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ «СОСНОВЫЕ НАСАЖДЕНИЯ У СЕЛА ПЛЕХАНЫ»**

Мартыненко О.В., Карминов В.Н., Максимова А.Н.
МГУЛ, г. Мытищи
vnk57@yandex.ru

Человеку издавна приходится вести постоянную борьбу с ветровой эрозией, особенно за сохранение плодородных земель. Для условий Поволжья развитие ветровой эрозии особенно сильно проявилось на волжских террасах, сложенных аллювиальными песками и легкими суглинками. Процесс эрозии сопровождался не только перевеванием верхнего плодородного слоя почвы, но и приводил к наступлению голых песков на пахотные угодья.

В двух лесных квартала (№№ 57 и 58) Плехановского лесничества Балаковского лесхоза, расположенных на границе Балаковского и Марксовского районов Саратовской области, в 3 км от села Плеханы, были проведены исследования, посвященные изучению особенностей формирования почв под сосновыми насаждениями разного возраста.

Лесные массивы лесничества расположены на территории Поволжского физико-географического района, они признаны памятником природы имеет природоохранное и рекреационное значение и имеют статус особо охраняемой природной территории регионального значения. Данные насаждения представляют научный и практический лесомелиоративный интерес, как положительный опыт закрепления подвижных песков левобережных степных террас реки Волга. Сосновый бор в селе Плеханы начали рассаживать с 1913 года с целью закрепления песков, которые надвигались на пахотные поля. Первоначально работы по посадке лесного массива были организованы Вольской земской управой. Впоследствии площадь насаждений расширялась за счёт проведения дальнейших лесомелиоративных работ.

Сосновый массив у села Плеханы состоит из двух участков, расположенных на слабоволнистой поверхности второй надпойменной террасы у реки Волги. В составе насаждений доминирует сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), встречается ива ломкая (*Salix fragilis* L.), дуб черешчатый (*Quercus robur* L.). В целом лес разнобонитетный и разновозрастный, из-за посадок в разные годы. Общий вид таких насаждений характерен для естественных сосновых боров. По характеру растительности территория лесничества относится к зоне разнотравно-злаковой степи Заволжья.

Климат в районе расположения лесничества резко континентальный. Преобладающими типами почв являются: чернозём обыкновенный средней мощности; чернозём южный средней мощности; лугово-чернозёмная почва.

В процессе изучения основных свойств почв, образовавшихся на закреплённых песках, были заложены четыре пробных площади. Три пробные площади располагались в сосновых насаждениях разного возраста, а четвертая – располагалась на безлесном участке (скотопрогон), который был принят в качестве контроля. На всех пробных площадях было произведено полноценное почвенное

обследование и были отобраны почвенные образцы в соответствии с принятыми в почвоведении нормами и требованиями.

Как уже указывалось выше, пробная площадь № 1, являющаяся контролем, представляет собой безлесной участок, который находится между 58 и 57 кварталами, в котором напочвенный покров, кустарниковый и древесный ярус отсутствуют. Пробная площадь № 2 представляет собой молодые сосновые насаждения в возрасте около 25 лет, в котором травянистый и кустарниковый ярус отсутствуют. Пробная площадь № 3 представляет собой сосновое средневозрастное насаждение в возрасте около 50 лет. Травянистый покров разряжен и представлен разнотравно-злаковым сообществом с ракитником русским (*Chamaecytisus ruthenicus* L.) в ярусе кустарников. Пробная площадь № 4 представляет собой старое сосновое насаждение в возрасте около 100 лет. Имеется подлесок: бузина (*Sambucus* L.), терн (*Prunus spinosa* L.). Травяной покров редкий, состоит из осоки (*Carex* L.), полыни (*Artemisia* L.), мятлика (*Poa* L.), дрока (*Genista* L.).

В результате проведённых исследований был получен большой объём статистически достоверных опытных данных, характеризующих морфологические, химические, физико-химические, общие физические и водно-физические свойства изученных почв, подтверждающий существенное изменение изученных показателей.

С возрастом насаждений происходит заметное увеличение всех морфометрических показателей за 100 лет. Мощность почвенного профиля в целом увеличивается в 2.5 раза. Гумусовый горизонт А увеличивает свою мощность почти в два раза (от 7.40 ± 0.78 см на контроле до 12.80 ± 1.69 см на пробной площади № 4).

На исследованных почвах с возрастом сосняков происходит снижение плотности почвы (в горизонте А от 1.32 ± 0.04 г/см³ на контроле до 1.20 ± 0.03 г/см³ на пробной площади № 4) вследствие протекания дернового процесса, который обуславливает оструктурирование почвы. Образование водопрочной структуры, благодаря накоплению гумусовых веществ, существенно оптимизирует избыточную водопроницаемость песчаных почв.

Кислотность почв благодаря подкисляющему действию соснового опада несколько повышается (рН солевой вытяжки 4.96 ± 0.15 для горизонта А пробной площади № 4), что ухудшает насыщенность почв основаниями. Однако это ухудшение не столь велико, как можно было бы ожидать, из-за того, что оно частично компенсируется увеличением общей ёмкости поглощения, благодаря росту гумусированности почвы.

Содержание гумуса с возрастом насаждений увеличивается примерно в три раза (от $0.89 \pm 0.07\%$ на контроле до $2.78 \pm 0.09\%$ на пробной площади № 4). В соответствие с этим происходит увеличение содержания подвижного азота. Отмечается небольшой рост содержания доступных форм фосфора и калия, но в абсолютных цифрах существенного влияния на плодородие почвы это не оказывает.

Таким образом, созданные около 100 лет назад на подвижных песках сосновые насаждения, образовали устойчивую экосистему, отличающуюся заметным биоразнообразием и существенным улучшением почвенных свойств. Со временем, при грамотном проведении лесохозяйственных мероприятий, направленных на поддержание существующих насаждений, можно ожидать дальнейшего улучшения изученных почвенных показателей.

Все указанные зависимости получены на основании экспериментальных данных имеющих значений показателя точности опыта в пределах 5 % при уровне значимости 0.05.

Проведённое исследование показало ведущую экологическую роль лесной растительности в процессе почвообразования за переважаемых песках, а также позволило оценить скорости процессов формирования почв в рассматриваемых условиях, что является важной научной проблемой фундаментального почвоведения.

ВЛИЯНИЕ ПОЖАРА НА ЗАПАСЫ КОРНЕЙ И ПОДЗЕМНОГО ДЕТРИТА В ГОРНО-ТАЕЖНЫХ ЛИСТВЕННИЧНИКАХ ПРИБАЙКАЛЬЯ

Мухортова Л.В., Кривобоков Л.В.
ИЛ СО РАН, г. Красноярск
l.mukhortova@gmail.com

В глобальном цикле углерода почвы бореальных лесов функционируют как значительный сток углерода атмосферы. До недавнего времени качество лесной подстилки и скорость ее разложения рассматривались как основные факторы долгосрочной аккумуляции органического вещества почвы. Однако последние исследования показывают, что от 50 до 70% углерода, аккумулированного в почве, образуется за счет корней и микроорганизмов, ассоциированных с ними [4]. Поскольку предполагается, что подземные растительные остатки являются основным источником

депонирования углерода в почвенной системе, то любое нарушение подземного компонента может привести к прямым и долговременным последствиям для всей экосистемы [6].

Одним из наиболее обычных и потенциально опасных нарушений динамики лесных экосистем являются лесные пожары. Общее влияние пожара на подземную систему проявляется в первую очередь через изменения в структуре надземной биомассы. Изменения или удаление надземной части биомассы непосредственно влияет на подземную сферу через изменения количества и качества живых подземных органов растений и растительного детрита, поступающих в почву элементов питания, повышение температуры почвы вследствие увеличения количества попадающей на нее солнечной радиации, изменение скорости испарения вследствие удаления растительности, которая в свою очередь ведет к изменению количества доступной влаги в почве [5].

Целью наших исследований было установление влияния пожара непосредственно на запасы корней и подземного детрита в лиственничных лесах гор Прибайкалья. Исследования проводили на пробных площадях, заложенных на территории Государственного природного заповедника «Джержинский», расположенного на севере Республики Бурятия.

Территория Джержинского заповедника расположена в верхней части бассейна реки Баргузин, где сходятся Икатский, Баргузинский и Южно-Муйский хребты. Климат региона резко континентальный. Среднегодовая температура воздуха -5.3°C . Среднегодовое количество осадков изменяется от 300-400 мм в долинах до 1000 мм на вершинах хребтов. Сумма активных температур ($>0^{\circ}\text{C}$) изменяется от 2000°C в долинах до 1200°C на вершинах хребтов. Безморозный период длится 68-117 дней в зависимости от высоты над уровнем моря [3]. Почвы района исследований характеризуются как длительно сезонно-мерзлотные и вечно мерзлые [1].

Исследования проводили в лиственничнике бруснично-разнотравно-зеленомошном, который был пройден пожаром сильной интенсивности 5 лет назад. Пожар захватил часть склона, на поврежденной пожаром площади погибло до 80% всего древостоя. В неповрежденной части лесного массива была заложена контрольная пробная площадь, а на площади поврежденной пожаром заложили площадь, которая характеризует гари 5-летней давности. На контрольной площади, представляющей неповрежденный пожаром древостой, глубина активного слоя почвы в июле месяце составляет не более 20 см. На участке, пройденном пожаром, глубина сезонно оттаивающего почвенного профиля составляет до 60-70 см.

Запасы живых и мертвых корней, а также растительного детрита определяли методом монолитов [2, 7]. Почвенные монолиты диаметром 5 см отбирали отдельно по глубинам с шагом 5 см на всю глубину активного слоя почвы.

Было установлено, что, несмотря на улучшение термического режима почвы на гари 5-летнего возраста, запас живых тонких корней в верхнем 20-см слое почвы на этом участке в 1.6 раза ниже, по сравнению с контрольным ненарушенным древостоем. Общие запасы тонких корней составляют до $681 \pm 176 \text{ г/м}^2$ в почве контрольного, не нарушенного пожаром древостоя, а через 5 лет после пожара запасы живых тонких корней снижаются до $426 \pm 94 \text{ г/м}^2$. После пожара наблюдаются также изменения в структуре запасов живых тонких корней и характере их распределения в верхней части почвенного профиля. В послепожарном лиственничнике запас тонких корней деревьев снижается на 40%, запас тонких корней кустарничков – уменьшается более чем в 2.5 раза, а запас тонких корней травянистых растений, напротив, увеличивается почти в 2 раза.

При анализе распределения запасов растительного детрита в верхней 20-см толще почвы в ненарушенном древостое выделяется два пика. Наибольшие запасы приходятся на глубину 0-5 и 10-15 см, с некоторым снижением в слое 5-10 см. Через 5 лет после пожара общий запас растительного детрита в верхней 20-см толще почвы снижается почти в 3 раза (с 42.18 до 15.08 т/га), изменяется и характер распределения этих запасов внутри 20-см толщи почвы: наибольшие запасы аккумулируются в верхней 5-см толще почвы, снижаясь более чем в 3 раза при переходе к нижележащему слою. Не наблюдается второго пика запасов растительного детрита на глубине 10-15 см. На долю мертвых корней в составе подземного растительного детрита приходится 13-14% как в ненарушенном древостое, так и в древостое, пройденном пожаром. Характер распределения запасов мертвых корней внутри 20-см толщи почвы повторяет характер распределения растительного детрита (имеет 2 пика в ненарушенном древостое и постепенно снижается в древостое после пожара 5-летней давности).

Характер распределения растительного детрита в верхней части почвенного профиля под ненарушенным, контрольным древостоем, соответствует распределению в этой толще запасов органического вещества почвы (стабильного и подвижного). Через 5 лет после прохождения пожара, общее содержание органического вещества почвы в слое 0-20 см снижается, однако все еще выделяются 2 пика запасов стабильного органического вещества (на глубине 0-5 и 10-15 см), при этом снижение запасов по сравнению с почвой контрольного участка больше в слое 10-15 см. Характер

распределения запасов подвижного органического вещества в этой толще соответствует распределению запасов живых корней и растительного детрита.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект №13-04-01128 и 14-04-01239) и гранта Правительства РФ № 14.В25.31.0031.

Литература

1. Васеева Г.Л., Колдышева Р.Я., Орлова Л.М. Распространение многолетней мерзлоты // Атлас Забайкалья. Москва-Иркутск: ГУГК, 1967. С.73.
2. Орлов А.Я. Метод определения массы корней деревьев в лесу и возможность учета годичного прироста органической массы в толще лесной почвы.// Лесоведение. 1967. N 1. С.64-70
3. Справочник по климату СССР. Л.: Гидрометеиздат. 1966-1970. Ч. 4. Вып. 7-27.
4. Clemmensen, KE, Bahr A., Ovaskainen O., Dahlberg A., Ekblad A., Wallander H., Stenlid J., Finlay RD., Wardle DA. & Lindahl BD. Roots and associated fungi drive long-term carbon sequestration in boreal forest// Science. 2013. Vol.339. Pp. 1615-1618.
5. Neary, DG, Klopatek, CC, DeBano, LF & Ffolliott PF. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis// Forest Ecology and Management. 1999. 122. Pp. 51-71
6. Perry, DA, Amaranthus, MP, Borchers, JG, Borchers, SL & Brainerd, RE. Bootstrapping in ecosystems// BioScience. 1989. 39. Pp. 230-37.
7. Weaver, J.E. , Voigt, J.W. Monolith method of root-sampling in studies on succession and degeneration// Hot. Gaz. 1950. 111. Pp.286-299.

РАДИОМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ИССЛЕДОВАНИИ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Пономарева Т.В., Пономарев Е.И.
ИЛ СО РАН, г. Красноярск
PonomarevaTVforest@yandex.ru

В настоящее время широко применяются дистанционные спутниковые методы для исследования влажности, температуры и других характеристик почв. Изучение почвенного покрова с использованием спутниковой аппаратуры в основном основано на измерениях в микро- и среднечастотном диапазоне спектра. В то же время имеется большое количество спутниковой информации, которая принимается в инфракрасной области спектра, например, со спутников серии NOAA/AVHRR, TERRA/Modis. Изучение возможности использования такой информации для исследования почвенного покрова в настоящее время представляется очень актуальным. Наземная радиометрическая съемка почв дает дополнительную корректирующую информацию, особенно для лесных экосистем.

В данной работе исследована информативность съемки, проводимой в инфракрасном диапазоне спектра, для анализа физических свойств почв. В исследованиях был применен портативный радиометр – тепловизор FLIR InfraCAM. Данный прибор по принципиальной схеме не отличается от радиометров, используемых на спутниках, что позволяет в последующем применять полученные данные для калибровки и интерпретации спутниковых материалов.

Использование съемки почв в тепловом диапазоне позволило получить данные о распределении радиометрической температуры в почвенных профилях, и, на основании классифицирования по температурному градиенту, выделить функциональные горизонты естественных серых и дерново-подзолистых почв в сосняках Красноярской лесостепи и антропогенно-преобразованных почв.

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. Температурный градиент может быть описан линейными функциями, отдельно для верхних гумусовых горизонтов и нижних минеральных с достоверностью аппроксимации $R^2 = 0.94 - 0.95$.

Исследование антропогенно-преобразованных почв (старопахотных и техноземов) показало, что распределение радиометрической температуры в их почвенных профилях принципиально отличается от естественных почв. На температурной кривой не фиксируется точка перегиба и распределение описывается логарифмической функцией с достоверностью аппроксимации $R^2 = 0.98 - 0.99$, что связано с изменением теплофизических свойств почв в результате гомогенизации почвенного профиля, уплотнения и нарушения естественной структуры.

На основании полученных радиометрических снимков построены радиометрические портреты почв, которые являются по сути изображением тепловых полей в почвенном профиле. В зависимости

от степени детализации изображения, т.е. выбранной величины $DT^{\circ}C$, на радиометрическом портрете возможно выделить основные почвенные горизонты, либо при необходимости почвенные подгоризонты. При традиционном морфологическом описании почвенного профиля всегда существует субъективная оценка многих параметров. Использование метода построения радиометрического портрета почв позволяет объективно определить мощность горизонтов, характер перехода, кроме того сравнительный анализ портретов естественных и антропогенно-преобразованных почв дает возможность оценить степень их трансформации.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-04-00858-а.

РОЛЬ АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЙ АЗОТА В ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ЛЕСОВ АЗОТНЫМ МИНЕРАЛЬНЫМ ПИТАНИЕМ: АНАЛИЗ ДИНАМИКИ И ИНДИКАТОРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Припутина И.В., Комаров А.С., Зубкова Е.В., Шанин В.Н.
ИФХиБПП РАН, г. Пущино
irina.priputina@gmail.com

До 1990-х годов азот атмосферных выпадений практически не рассматривался как возможный источник дополнительного азотного питания лесов из-за низких уровней его поступления в лесные экосистемы. Действительно, на большей части лесных территорий России до настоящего времени фоновое поступление составляет около 5 кг N/га в год [1]. В тоже время, в Западной и Центральной Европе, начиная с середины прошлого столетия, с атмосферными выпадениями поступает от 10-15 до 25-50 кг N/га в год, что соответствует и даже превышает параметры биологической фиксации азота в лесных почвах [5, 8]. Следствием долговременного воздействия повышенных атмосферных нагрузок азота стал рост продуктивности древостоев, а также изменения в структуре и функционировании лесных экосистем, в частности, сокращение видового разнообразия лесных сообществ в районах интенсивных выпадений азота и трансформации олиготрофных мест обитания в мезотрофные и эвтрофные [7]. Насколько эти процессы могут быть характерны для лесов промышленно-урбанизированных районов нашей страны, где уровень азотных нагрузок сопоставим с европейским?

В ряде исследований, посвященных изучению динамики лесов Подмосковья, отмечается тенденция их мезофитизации и эвтрофирования. Этот процесс связывается с естественным развитием современных лесов хвойно-широколиственной зоны - увеличением доли широколиственных пород (прежде всего, липы) в структуре древостоев [3, 4]. Однако авторами не учитывалось возможное влияние на этот процесс повышенного поступления с атмосферными выпадениями легкодоступных растениям минеральных соединений азота, которое было характерно для столичного региона, начиная с 1970-х годов. Чтобы прояснить роль этих двух факторов (естественной смены древесных видов эдификаторов и азотных нагрузок) в повышении трофического статуса лесов Подмосковья нами был выполнен сопряженный анализ данных фитоиндикации и модельных оценок динамики пулов азота и углерода в древостое и почве сосняков Серебряноборского лесничества Красногорского района Московской области примерно за 50-летний период.

Выполненные в ходе анализа видового состава травяно-кустарничкового яруса оценки условий обеспеченности лесов по фактору богатства почв азотом на основе комплекса индикаторных показателей подтверждают развитие в них процессов эвтрофирования, выявленное и другими исследователями [4]. Но наши результаты свидетельствуют, что «максимум эвтрофирования» совпадает с периодом максимальных уровней поступления азота с атмосферными выпадениями, который был характерен для этой территории в конце 1980-х – 1990 годах.

Модельные оценки, выполненные с использованием системы моделей EFIMOD/ROMUL [2, 6], рассматривали 2 сценария выпадений азота, один из которых соответствует фоновому уровню поступления (менее 5 кг N/га в год), а второй – уровню атмосферных нагрузок азота в соответствии с их реальными уровнями и динамикой. Полученные результаты показывают, что долговременное поступление в лесные экосистемы даже относительно небольших доз дополнительного азота (10-15 кг N/га в год) в форме легкоподвижных минеральных соединений ведет к трансформации всех звеньев природных циклов азота и углерода в лесах. Следствием этого является не только рост продукции фитомассы и почвенного пула OB , но и увеличение в почвах легкодоступных биоте соединений азота, что повышает трофический статус экосистем. При этом пул доступного азота повышается не только за счет азота атмосферных выпадений, но и в результате усиления

минерализации растительных остатков опада и лесной подстилки, что подтверждают оценки динамики в них величин C/N.

Литература

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2009 году». М.: МПР РФ, 2010.
2. Комаров А.С. Пространственные индивидуально-ориентированные модели лесных экосистем // Лесоведение, 2010, №2. С. 60-68.
3. Полякова Г.А., Меланхолин П.Н. Изменение флоры Серебряноборского лесничества // Стационарные исследования влияния рекреации на лесные биогеоценозы. Тула: Гриф и К., 2009.
4. Рысин Л.П., Савельева Л.И., Полякова Г.А., Рысин С.Л. и др. Мониторинг рекреационных лесов. Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2003.
5. Умаров М.М, Кураков А.В., Степанов А.Л. Микробиологическая трансформация азота в почвах. М.: ГЕОС, 2007.
6. Чертов О.Г., Комаров А.С. Теоретические подходы к моделированию динамики содержания органического вещества почв // Почвоведение, 2013, №8. С. 937-944.
7. Bobbink R., Hettelingh J-P. (eds.) Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships. RIVM report: 680359002. 2010.
8. Granhall U., Lindberg T. (1980) Nitrogen input through biological fixation // Ecological Bulletins, 32: 333-340.

ПОСТАГРОГЕННАЯ ДИНАМИКА НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ ПОЧВ ВО ВЗАИМОСВЯЗИ С ДЕМУТАЦИОННОЙ СУКЦЕССИЕЙ (ЮЖНАЯ ТАЙГА)

Телеснина В.М.

МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, г. Москва
vtelesnina@mail.ru

На территории России растет площадь земель, выведенных из сельскохозяйственного использования. Помимо прекращения агротехнических мероприятий, ведущую роль в постагрогенной трансформации почв играют смены растительности, что особенно актуально в лесной зоне [4]. Цель работы – изучить постагрогенную динамику ряда свойств агродерново-подзолистых почв во взаимосвязи с динамикой растительности. Объекты исследования расположены в Мантуровском районе Костромской области и представляют собой два хроноряда – зарастающий сенокос и зарастающую пашню. Первый - луг, окруженный лесом. Почвообразующие породы - суглинки. Территория с 80-х годов использовалась как сенокос после предварительной распашки, площадь покоса сокращалась, что вело к зарастанию. Стадии зарастания: луг, косившийся до 2010 г. – «сенокос»; луг, косившийся до 1999 г. – «зброшенный сенокос», в 2012 сформирован древостой высотой до 2.5 м; сомкнутый березовый лес 20-22 лет; березово-еловый лес 85-90 летнего возраста (контроль). Почвы, соответственно: 1 и 2 стадия - агродерново-подзолистые реградированные [3], дерново-подзолистая постагрогенная, дерново-подзолистая. Другой участок - зарастающая пашня. Почвообразующие породы – пески. Выделены стадии зарастания: пашня; залежь с 2005 г. - «молодая залежь»; залежь примерно с 2000 г. - «старая залежь», на которой к 2012 г. сформирован несомкнутый древостой из ивы козьей; осиново-березовый лес 40 лет; старовозрастный березово-еловый лес примерно 90-100 лет (контроль). Почвы: агродерново-подзолистая, 2 и 3 стадии - агродерново-подзолистые реградированные, дерново-подзолистая постагрогенная, подзолистая. В ходе сукцессии по пашне и по сенокосу наблюдается олиготрофизация растительности, которая особенно выражена на стадии полного смыкания древостоя. Более отчетливая смена сорно-рудеральных и луговых видов на мелколиственно-опушечные и бореальные наблюдается для зарастающей пашни. Надземная фитомасса травяного яруса уменьшается в ходе лесовосстановления как по пашне, так и по сенокосу по причине смены злаков и рудерального высокотравья кустарничками и бореальными видами. Формирование древостоя на залежи, как и на заброшенном сенокосе происходит сравнительно быстро – через 12-13 лет его надземная биомасса достигает 20 т/га, подземная – 4.5 т/га. Отдельно определена величина легкоразлагаемого опада (ЛРО), под которым понимали совокупность листовного опада деревьев, надземной биомассы травяного яруса (кроме зимнезеленых), и примерно 1/3 биомассы корней трав [5]. В Унжинском хроноряду наблюдается два максимума массы ЛРО – на 7-летней залежи (более 1000 г/м²), а также в 40-летнем осиново-березовом лесу (1900 г/м²). В первом случае высокое значение достигается за счет высокопродуктивного травяного яруса, во втором – за счет мелколиственного опада. В Масловском хроноряду происходит постепенное уменьшение массы ЛРО с 980 до 400 г/м². Запас

зольных элементов, поступающих с ЛРО, в «залежном» хроноряду характеризуется минимальной величиной в экосистеме пашни (менее 30 г/м²), поскольку весь опад представлен корневой массой. Максимальным значением этого показателя характеризуются молодая залежь и 40-летний лес – 130-140 г/м². Что касается зарастающего сенокоса, максимальной величиной запаса зольных элементов, поступающих с ЛРО, характеризуется первая стадия сукцессии – далее происходит уменьшение этого показателя почти в 5 раз. Для Унжинского хроноряда более подробно изучены запасы зольных элементов, поступающих с ЛРО. Максимальным поступлением фосфора с опадом (1.1 г/м²) характеризуется 40-летний лес, причем почти 80% поступает с опадом березы и осины. Содержание калия в легкоразлагаемом опаде значительно выше содержания фосфора. В распределении запасов калия по фракциям опада и по стадиям сукцессии прослеживается закономерность, общая с закономерностью распределения зольных элементов в целом. Наибольший запас, за счет опада листвы (13.59 г/м²) отмечен на участке 40-летнего леса. Наибольший запас в корнях составил 3.07 г/м², на участке 7-летней залежи. Кальций накапливается в корневых системах трав значительно больше, чем в наземной биомассе, поэтому запас кальция в ЛРО в экосистеме старой залежи почти вдвое выше, чем в экосистеме молодой залежи. Динамика морфологии почв в ходе постагрогенного лесовосстановления более отчетлива при зарастании пашни, чем при зарастании сенокоса – по причине как менее сложной истории сельскохозяйственного освоения, так и более высокой скорости постагрогенной трансформации на песчаных почвах [1]. Уже через 5 лет после прекращения распахивания обособливается дерновый горизонт в старопашотной толще. По мере роста древостоя образуется горизонт лесной подстилки, который вначале относится к примитивным, но в субклимаксом березово-еловом лесу может быть отнесен к ферментативным или гумусированным [2]. Морфологические признаки старопашотного горизонта в виде ровной границы сохраняются еще в почве 40-летнего леса. Для обоих хронорядов выявлено увеличение актуальной кислотности верхних горизонтов почв в ходе постагрогенного лесовосстановления – pH уменьшается соответственно с 5.5-5.8 до 3.9-4.0 при зарастании пашни и с 5.3-5.5 до 4.5-5.0 при зарастании сенокоса. Наиболее существенное увеличение кислотности соответствует стадии формирования сомкнутого древостоя, что обусловлено как влиянием лесной подстилки, так и уменьшением поступления наземного и подземного опада растений травяного яруса, обогащенных зольными элементами. В целом при отсутствии предварительного интенсивного окультуривания супесчаные постагрогенные почвы обеднены подвижным калием и фосфором. Содержание в верхних горизонтах подвижного фосфора уменьшается в ходе постагрогенеза, что особенно проявляется для зарастающей пашни – при переходе от молодой залежи к старой, с низкой продуктивностью травяного яруса, содержание подвижного фосфора уменьшается в полтора раза, а при достижении стадии 90-100-летнего леса – еще в два раза. Для изменения содержания подвижного калия подобных закономерностей не выявлено. В почвах зарастающего сенокоса обогащенность гумуса азотом в верхнем минеральном горизонте мало меняется в ходе сукцессии, тогда как при зарастании пашни происходит резкое увеличение этого показателя на стадии молодого древостоя – от 8.7 до 15.1. Что касается постагрогенной динамики содержания органического углерода, также наблюдается различие: при зарастании пашни отчетливо увеличивается содержание углерода в старопашотной толще от 1.0 до 2-3%; при зарастании сенокоса по причине сложной истории освоения уменьшение содержания углерода не столь отчетливо. Таким образом, направление и характер постагрогенного изменения химических свойств почв определяется как динамикой растительности (количество и состав поступающего опада), так и историей освоения и изначальными свойствами почв.

Литература

1. Апарин Б.Ф., Васильев А.М. Морфологические и физико-химические особенности залежных дерново-подзолистых почв на двучленных породах Новгородской области. В кн.: Преобразование почв Нечерноземья при сельскохозяйственном освоении. М., 1981. с. 7-20.
2. Богатырев Л.Г. О классификации лесных подстилок // Почвоведение, 1990, №3. С. 118-127.
3. Классификация и диагностика почв России. Смоленск. Ойкумене, 2004. 341 с.
4. Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Швиденко А.З., Сапожников П.М. Изменение общего пула органического углерода в почвах России в 1990-2004 гг. // Почвоведение, 2010, № 3. С. 361-368.
5. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах. М., Мысль, 1978. 181 с.

РОЛЬ ЗОН АККУМУЛЯЦИИ В ПРОСТРАНСТВЕННОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПОЧВ И ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКИХ ГРУПП

Шарый П.А.¹, Коротков В.Н.²

¹ИФХиБПП РАН, г. Пущино, ²ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН», г. Москва
p_shary@mail.ru

Зоны аккумуляции в лесных экосистемах, которые на малых геологических временах накапливают мелкодисперсные частицы, способны создавать пространственные неоднородности, существенно влияющие как на свойства почв, так и на соотношение видов растений, относящихся к разным эколого-ценотическим группам (ЭЦГ).

В работе изучаются связи ряда свойств почв и состава ЭЦГ видов с рельефом на участке леса размером 2.5 км на 2.5 км, расположенном на юге Московской области, на южной границе зоны смешанных лесов на территории Данковского участкового лесничества. Для участка характерны сочетания дерново-подзолистых и серых лесных почв. Измерения свойств почв и геоботанические описания растительности проводились в 33 точках наблюдения. При обработке геоботанических описаний рассчитывалось число видов растений, относящихся к разным эколого-ценотическим группам. В работе использовалась классификация ЭЦГ, разработанная О.В. Смирновой с соавт. [1]. В зоне аккумуляции протяженностью 400 м наблюдалось резкое, в 2-3 раза, увеличение процента мелкодисперсных частиц почвы в слое 0-20 см, и в 5-6 раз – концентрации обменного кальция, а также существенные изменения числа видов различных ЭЦГ. В зоне аккумуляции исчезал иллювиально-железистый горизонт почвы.

Особенностью работы является использование методов геоморфометрии, науки о количественном анализе земной поверхности [3, 4], поскольку, как показано, например, в [2], известный узкий набор характеристик рельефа далеко не всегда приводит к выявлению тесных связей. В работе использовался описанный в [3] расширенный набор 18 базовых морфометрических величин, то есть количественных характеристик рельефа. Высота была взята с топографической карты масштаба 1:10000, преобразованной в матрицу с шагом решетки (размером элемента) 10 м.

С помощью логистической множественной регрессии выявлена тесная связь зоны аккумуляции с рельефом (коэффициент детерминации 0.90), что позволило рассчитать цифровую карту вероятности нахождения зоны аккумуляции. Последняя связана с восточной компонентой экспозиции склонов, а также нелинейно связана с высотой. Далее соответствующая матрица использовалась как индикатор ЗОНА (принимающий два значения: 1 – зона, 0 – вне зоны) в моделях множественной регрессии, что позволило найти тесные связи свойств почвы и ЭЦГ видов с рельефом и построить соответствующие цифровые карты.

Концентрация обменного Са в лесной почве демонстрировала наиболее тесную связь с рельефом и зоной аккумуляции, так что 93% пространственной изменчивости Са объяснялось этими факторами среды, с ведущей ролью зоны аккумуляции. Другие важные для питания растений элементы также возрастали в зоне аккумуляции. Было естественно ожидать, что соотношение ЭЦГ видов зависит от обеспеченности элементами минерального питания.

Для выяснения этого вопроса в каждой точке наблюдения определялось число видов, относящихся к разным ЭЦГ. Показано, что число видов нитрофильной ЭЦГ резко возрастало в зоне аккумуляции (в 4.2 раза), а число видов, связанных с хвойными лесами (виды боровой и бореальной ЭЦГ), в зоне аккумуляции было в 3 раза меньше, чем за ее пределами. Зона аккумуляции и рельеф объясняли 88% пространственной изменчивости числа видов нитрофильной ЭЦГ и 68% числа видов боровой ЭЦГ. Виды нитрофильной ЭЦГ приурочены преимущественно к зоне аккумуляции, где больше мелкодисперсных частиц и больше доступных элементов минерального питания. Получены растровые цифровые карты (матрицы) числа видов для основных ЭЦГ.

Формирование зон аккумуляции связано, прежде всего, с продолжительной водной эрозией, поэтому оно повсеместно в гумидном типе климата. Близ таких зон соотношение видов лесных ЭЦГ и свойства почв в значительной степени определяются рельефом. Это можно видеть также, сравнивая пространственную изменчивость рН и органического углерода почв ($C_{орг}$). 88% изменчивости рН объяснялось зоной аккумуляции и рельефом, для $C_{орг}$ ими объяснялось 81%. Построены цифровые карты, из которых видно, что рН более явно следует зоне аккумуляции (возрастая в ней, как и $C_{орг}$).

Дальнейшее изучение изменений свойств почв в зонах аккумуляции в лесных экосистемах могло бы дать важную информацию о фактических направлениях и пространственной изменчивости взаимодействия почва-растительность в лесных экосистемах.

Литература

1. Смирнова О.В., Ханина Л.Г., Смирнов В.Э. Эколого-ценотические группы в растительном покрове лесного пояса Восточной Европы // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. Книга 1. М.: Наука, 2004. С.165-175.
2. Шарый П.А., Шарая Л.С. Изменение NDVI лесных экосистем Северного Кавказа как функция рельефа и климата // Лесоведение. 2014. № 5. С.83-90.
3. Shary P.A., Sharaya L.S., Mitusov A.V. Fundamental quantitative methods of land surface analysis // Geoderma. 2002. V.107. P.1-32.
4. Shary P.A. The mathematical basis of local morphometric variables // Florinsky I.V. Digital Terrain Analysis in Soil Science and Geology. Appendix A. New York, etc.: Elsevier, 2012. P.289-313.

**МНОГОЛЕТНЯЯ ПОПУЛЯЦИОННАЯ ДИНАМИКА
ДОЖДЕВОГО ЧЕРВЯ *APORRECTODEA CALIGINOSA*
В ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСАХ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

Шашков М.П.
ИФХиБПП РАН, г. Пущино
max.carabus@gmail.com

Согласно популяционной парадигме организации лесных экосистем [1], основой экосистемных процессов является устойчивый поток поколений, а для его оценки в конкретный момент времени – онтогенетическая структура популяции.

Несмотря на важность дождевых червей в лесных экосистемах как ключевых видов [2], в отечественной литературе, как правило, рассматривается население отдельных биотопов на основе однократных сборов, а сезонная и многолетняя динамика [4] становятся темой исследований гораздо реже. В качестве основного параметра используется число экземпляров и, гораздо реже, биомасса [3]. На основе биомассы возможна оценка вклада группы организмов в круговороты вещества и потоки энергии в экосистеме. Численность не отражает биомассу непосредственно, так как индивидуальная биомасса половозрелых червей может варьировать в 7-8 раз, а ювенильных - на два порядка (по собственным наблюдениям). Не менее важными показателями являются онтогенетическая и размерная структура населения, т.к. дождевые черви растут в течение всей своей жизни, а население червей испытывают сезонные и многолетние колебания [5].

Объектом данного исследования выбран внутрипочвенный червь *Aporrectodea caliginosa* (Savigny 1826), широко распространенный в лесах, произрастающих на почвах с гумусовым горизонтом и обычно преобладающий по биомассе в почвенной фауне.

Сборы полевого материала проводились на семи лесных участках на территории Калужской области в лесах заповедника «Калужские засеки» и национального парка «Угра» в течение 2003, 2004, 2006, 2011 и 2012 годов. Из них 6 старовозрастных широколиственных леса и 1 молодой березняк (около 30-ти лет), выросший на месте бывшего пастбища. Всего было проведено 30 сборов в мае, июне, июле и сентябре.

Древесный ярус исследованных старовозрастных лесов представлен широколиственными видами деревьев. В подросте отмечены те же виды деревьев, что и в древостое, кроме дуба. В подлеске преобладает лещина. В напочвенном покрове доминируют неморальные виды растений. В весенний период разнообразны эфемероиды. Моховый ярус не выражен. Почвы на двух исследованных участках темногумусовые с гумусовым горизонтом мощностью от 60 до 130 см, на остальных серые лесные и дерново-подзолистые с гумусовым горизонтом мощностью около 20 см. Березняк произрастает на внутрилесной поляне вплотную к границе старовозрастного леса. Древесный ярус не сомкнут. Подрост представлен широколиственными видами деревьев. В травяном ярусе встречаются как неморальные лесные, так и лугово-опушечные виды, а также эфемероиды. Моховой ярус не выражен. Почва дерново-подзолистая.

Учеты дождевых червей выполнены методом разбора почвенных монолитов 25x25x35см, по 8 монолитов одновременно. Всего было учтено 2296 экземпляров *A. caliginosa* трех онтогенетическим стадиям: неполовозрелые черви, созревающие и половозрелые. К одному онтогенетическому состоянию могут относиться черви разных поколений. Среди ювенильных могут быть перезимовавшие черви и только что вышедшие из коконов; следующая стадия может включать в себя не только действительно созревающих, но и уже размножившихся и сбросивших пояска. Для более детального анализа каждая стадия была разделена на несколько размерных градаций: 5 ювенильных, 3 созревающих и 4 половозрелых. Границы проводились по гистограмме распределения частот биомассы, построенной на основе всех имеющихся полевых данных.

Получены следующие результаты. В 2003 году на двух ПП суммарная биомасса снизилась к июню и восстановилась к сентябрю, на следующий сезон на одной из них биомасса в июне (47.2 г/м^2) превосходила прошлогодние показатели (причина - благоприятная зима 2003/04), на другой биомасса была меньше прошлогодней за счет половозрелых червей. На третьей ПП в 2003 году максимум был в июне, при этом большую часть биомассы составляли половозрелые черви, на следующий сезон биомасса была выше прошлогодней, но при этом крупные половозрелые особи отсутствовали.

Для ПП, обследованных в 2006, 2011 и 2012 году, биомасса для 2006 и 2011 больше или (в одном случае) сопоставима с максимальной в 2012. Такой результат можно объяснить погодными условиями зимы 2011/12 года, когда снег лег в декабре на уже промерзшую землю. В двух случаях снижение биомассы произошло за счет половозрелых, в одном за счет ювенильных, в одном за счет обеих онтогенетических стадий. В течение 2012 года биомасса была минимальной в сентябре, при этом биомасса снижалась с мая через июнь к сентябрю или немного возрастала к июню. При этом к сентябрю 2012 снизилась не только биомасса населения, но и число размерных градаций – с 9-11 до 6-7. В мае 2006 года наблюдается отсутствие крупных половозрелых червей, что так же можно объяснить суровой зимой 2005/06, во время которой температура неоднократно опускалась ниже 30°C . Максимальная биомасса *A. caliginosa* наблюдалась в июле 2011 года в широколиственном лесу на темногумусовой почве (61.6 г/м^2), при этом было представлено максимальное число онтогенетических размерных градаций – 11.

Цикл развития *A. caliginosa* «от кокона до кокона» проходит за два-три сезона [7], а так как коконы откладываются преимущественно весной и осенью, происходят сезонные колебания населения. Без учета того, в какой месяц был сделан сбор и каков был возрастной спектр популяции, правомерность сопоставления населений дождевых червей в разных биотопах можно ставить под вопрос, так как в пределах одного участка суммарная биомасса *A. caliginosa* может варьировать более чем в два раза при кардинальном изменении онтогенетической структуры.

На сезонный цикл развития населения накладываются погодные особенности вегетационного сезона, замедляющие (например, в случае засухи) или ускоряющие развитие населения дождевых червей. Часть популяции гибнет во время перезимовки, при этом выживаемость разных размерных групп различается [6].

Выделены три фазы населения *A. caliginosa*: «полночленная», где присутствуют три онтогенетические стадии, для ювенильных и половозрелых 3-4 размерные градации, в том числе крупные половозрелые. Следующая фаза «ювенильная» наступает после отмирания крупных и выхода мелких ювенильных червей из коконов. В этой фазе половозрелых мало и коконов откладывается немного, приток ювенильных червей снижается, а уже имеющиеся растут и переходят в половозрелое состояние. Наступает следующая стадия «половозрелая» - больше половины биомассы составляют взрослые и созревающие черви. В этой фазе массово откладываются коконы, а так как половозрелые черви могут жить более одного сезона, вскоре наступает «полночленная» фаза многолетней динамики населения. Периодичность многолетней динамики предположительно составляет 2-3 года.

Данная схема циклической популяционной динамики является рабочей моделью для дальнейшего изучения населения дождевых червей *A. caliginosa* и других видов, а также для разработки имитационной модели динамики дождевых червей в лесных сообществах.

Литература

1. Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. В 2 кн./Центр экологии и продуктивности лесов. - М.: Наука, 2004.
2. Бобровский М.В. Лесные почвы Европейской России. Биотические и антропогенные факторы формирования. Издательство: КМК, 2010 г.
3. Гераськина, А. П. (Московский педагогический государственный университет, Россия, Москва). Население дождевых червей (Lumbricidae) на зарастающих полях / А. П. Гераськина // Зоологический журнал. - 2009. - Т. 88, N 8. - С. 901-906
4. Горизонтова М. Н., Л. А. Красная, Т. С. Перель. 1957. Наблюдения над распределением и численностью дождевых червей в почве в течение года. // Уч. зап. Моск. гор. педаг. инст. им. В.П. Потемкина, 65 : 161-178.
5. Стриганова Б.Р. Адаптивные стратегии почвенных сапрофагов с многолетними циклами развития // Проблемы почвенной зоологии (Материалы XVI Всероссийского совещания по почвенной зоологии). под ред. Б.Р. Стригановой. Москва: Т-во научных изданий КМК. 2011, с. 122-124
6. Holmstrup M. et all. Small *Dendrobaena* earthworms survive freezing better than large worms // Cryobiology, v. 54 (3), 2007, p. 298-300.
7. Nair G.A., Bennour S.A. Cocoons and hatchlings of *Aporrectodea caliginosa* (Savigny 1826) (Oligochaeta: Lumbricidae) in Benghazi, Libya // Journal of Arid Environments №40, 1998. P. 459-466.

НАСЕЛЕНИЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ В РЯДУ МИКРОСУКЦЕССИЙ НА КАБАНЬИХ ПОРОЯХ ПОЙМЕННЫХ ЛУГОВ НЕРУССО-ДЕСНЯНСКОГО ПОЛЕСЬЯ

Шашков М.П.¹, Иванова Н.В.², Горнов А.В.³
¹ИФХиБПП РАН, г. Пущино, ²ИМПБ РАН, г. Пущино, ³ЦЭПЛ РАН, г. Москва
max.carabus@gmail.com

Работа посвящена изучению биоценотической роли одного из ключевых видов естественных биоценозов Европейской части России – кабана (*Sus scrofa* L.). На территории своего ареала этот вид является наиболее мощным средообразователем среди роющих животных [4]. Исследования растительных микросукцессий, происходящих на кабаньих пороях ведутся уже не один десяток лет и их результаты опубликованы в ряде работ [2, 3, 4]. Однако литературные данные о влиянии кабанов на почвенное население весьма скудны [6]. Известно, что биомасса беспозвоночных на свежих пороях снижается в 2-4 раза по сравнению с ненарушенными участками и восстанавливается в течение двух-трех лет после нарушения [5]. Данные о механизмах этих микросукцессий отсутствуют.

Цель данной работы – выявить закономерности в изменении населения почвенной мезофауны в ряду микросукцессий на кабаньих пороях.

Материал собран на пойменных лугах Неруссо-Деснянского полесья (юго-восточная часть Брянской обл.). Беспозвоночных собирали стандартным методом ручного разбора почвенных монолитов (25x25x35 см) на трех лугах со схожей позицией в рельефе и флористическим составом. На каждом лугу с каждой стадии отобраны монолиты в четырехкратной повторности, т.е. по 20 монолитов с каждого луга. Расстояние между точками отбора монолитов одной стадии составляло не менее 10 м. Дождевых червей фиксировали в 4% растворе формальдегида, остальные беспозвоночные – в 70% этиловом спирте. Биомасса определялась на влажном фиксированном материале. Всего в ходе исследования собрано 995 экземпляров представителей почвенной мезофауны. При статистической обработке использовался однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) для исходных и логарифмированных данных при уровне значимости 0.05. Вычисления проводились в пакете R 3.0.2.

На основе флористического состава в развитии пороев на пойменных лугах выделены следующие стадии: свежие (0); порою возрастом 1-2 месяца (1); порою возрастом 3-12 месяцев (2); порою возрастом 1-2 года (3); старые порою возрастом 2 и более лет (4). Свежие порою характеризуются обнаженным субстратом и отсутствием растений. На пороюх возрастом 1-2 месяца массово прорастают слабоконкурентные однолетники, размножающиеся семенами: *Chenopodium album*, *Filaginella uliginosa*, *Phalacrolooma annuum* и др. Пороюх возрастом 3-12 месяцев отличаются появлением вегетативно подвижных видов: *Ranunculus repens*, *Potentilla anserina*, *Glechoma hederacea* и др. На пороюх возрастом 1-2 года разрастаются злаки (*Alopecurus pratensis*, *Poa pratensis*, *Phleum pratense* и др.) и луговое разнотравье (*Alchemilla vulgaris*, *Centaurea jacea*, *Geum rivale* и др.). Старые порою возрастом 2 и более лет зарастают конкурентным высокотравьем, где абсолютное господство у *Filipendula ulmaria*.

Предварительная обработка данных по обилию беспозвоночных, собранных на пороюх разных стадий показала, что общая биомасса мезофауны варьировала на исследованных лугах от 14.9 г/м² до 19.4 г/м², суммарная относительная численность беспозвоночных – от 315.2 экз./м² до 444 экз./м².

Средняя биомасса мезофауны в монолите значимо не различалась на пороюх разных стадий. Численность беспозвоночных в одном монолите (в логарифмической шкале) значимо возростала по мере зарастания пороев.

По биомассе преобладали следующие группы: медведки (*Gryllotalpa gryllotalpa*), дождевые черви (Lumbricidae), личинки майских хрущей (*Melolontha melolontha*), кивсяки (двупарноногие многоножки семейства Julidae) и личинки жуков-щелкунов (Elateridae). Среди этих групп на всех на всех стадиях встречались дождевые черви и личинки щелкунов.

Таксономический состав и относительное обилие групп беспозвоночных отличались на пороюх разных стадий. Так, на свежих пороюх (стадии 0 и 1) до 87% от биомассы и 71% численности составляли медведки, при этом они отсутствовали на пороюх более поздних стадий. Личинки майских хрущей обнаружены на пороюх всех стадий за исключением старых пороев (4 стадия), а максимального обилия они достигали на тех пороюх (стадия 2 и 3), где биомасса *G. gryllotalpa* была невысока. Этот результат, вероятно, подтверждает литературные данные [1] о питании медведки майскими хрущами.

Кивсяки единично встречались на пороюх первой стадии, а наибольшего обилия (до 27% от общей биомассы и 17% от общей численности) достигали на поздних стадиях микросукцессии. Очевидно, что такой результат отражает накопление растительного опада в почве по мере

зарастания пороя. Обилие Elateridae как по численности, так и по биомассе возрастало с увеличением давности пороя и было максимальным на поздних стадиях.

Значимое увеличение численности беспозвоночных по стадиям микросукцессий при неизменной общей биомассе косвенно свидетельствует об увеличении разнообразия трофических и систематических групп. Начиная со второй стадии, появляются или резко увеличивают численность, не обладающие большой биомассой, но многочисленные группы сапрофагов и хищников: личинки двукрылых (Diptera), косянки и геофилы (Chilopoda), жужелицы (Carabidae) и стафилины (Staphylinidae). Изменяется возрастная структура населения беспозвоночных. Отражая общую тенденцию, численность дождевых червей увеличивается к 3-4 стадии, притом, что биомасса к этим стадиям может даже уменьшаться, что говорит о том, что на первых стадиях пороев встречаются преимущественно крупные взрослые дождевые черви, мелкие молодые в массе появляются со второй стадии зарастания. Также изменяется размерный спектр и популяции майских жуков, на 0 и 1 стадии в основном встречаются личинки среднего размера, мелкие и крупные появляются также со второй стадии.

Таким образом, в процессе зарастания кабаньих пороев, немногочисленное, но обладающее большой биомассой, сообщество крупных землероев сменяется разнообразными и многочисленными группами почвенных сапрофагов и хищников.

Литература

1. Брэм А.Э. Жизнь животных: в 3 т. Т.3: Пресмыкающиеся. Земноводные. Рыбы. Беспозвоночные. – М.: ТЕРРА, 1992. С. 284.
2. Горнов А.В. Зоогенная и фитогенная мозаичность и флористическое разнообразие влажных лугов Неруссо-Деснянского полесья // Бюлл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. Т. 116, вып. 6, 2011. С. 64 – 69.
3. Гусев А.А. Функциональная роль диких копытных животных в заповедных биогеоценозах // Роль крупных хищников и копытных в биогеоценозах заповедников. М., 1986. С. 94 – 105.
4. Евстигнеев О.И., Коротков В.Н., Браславская Т.Ю., Чупаченко В.Г. Кабан и циклические микросукцессии в травяном покрове широколиственных лесов (на примере Неруссо-Деснянского полесья) // Бюлл. МОИП. отд. биол. 1999, т. 104, вып. 6, с. 3-8
5. Пахомов А.Е. Формирование почвенной мезофауны под воздействием роющих млекопитающих в байрачных дубравах Присамарья // Вестник зоологии. Т. 37, 2003. С. 41-48.
6. Siemann E., Carrillo J.A., Gabler C.A., Zipp R., Rogers W.E. Experimental test of the impacts of feral hogs on forest dynamics and processes in the southeastern US // Forest Ecology and Management. 2009. Vol. 248. P. 546–533.

СОКРАЩЕННЫЕ И ПОЛНЫЕ НАЗВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ УЧАСТНИКОВ КОНФЕРЕНЦИИ

- АФ БСИ ДВО РАН** - Амурский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ботанического сада-института Дальневосточного отделения Российской академии наук.
- БГУ** – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского».
- БИН РАН** - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ботанический институт им. В.Л. Комарова Российской академии наук.
- БС УрО РАН** - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ботанический сад Уральского отделения Российской академии наук.
- ВГЛТА** - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Воронежская государственная лесотехническая академия.
- ВИПКЛХ** – Всероссийский институт повышения квалификации лесного хозяйства.
- ВНИАЛМИ** - Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации Российской академии сельскохозяйственных наук».
- Воронежский государственный заповедник** - Федеральное государственное бюджетное учреждение Воронежский государственный природный биосферный заповедник имени В.М. Пескова.
- Всемирный фонд дикой природы** – Некоммерческая организация Всемирный фонд природы.
- ВятГГУ** - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Вятский государственный гуманитарный университет».
- ГАГУ** - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Горно-Алтайский государственный университет».
- СГМА** - Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Смоленская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации.
- ГГТУ им. П.О. Сухого** - Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого».
- ГГУ имени Ф. Скорины** - Учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины».
- ДальНИИЛХ** – Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства.
- ЗАО «ПИРС»** - ЗАО Проектный институт реконструкции и строительства объектов нефти и газа.
- ИБ Коми НЦ УрО РАН** - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук.
- ИГ РАН** - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт географии Российской академии наук.
- ИГХ СО РАН** - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук.
- ИКИ РАН** - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук.
- ИЛ КарНЦ РАН** - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт леса Карельского научного центра РАН.
- ИЛ СО РАН** – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт леса им. В.Н. Сукачева Сибирского отделения РАН.
- ИЛАН РАН** - Учреждение Российской академии наук Институт лесоведения Российской академии наук.
- ИМГиГ ДВО РАН** - Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук
- ИМКЭС СО РАН** - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук.
- ИМПБ РАН** - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт математических проблем биологии Российской академии наук.
- Институт Географии НАНА** - Институт Географии им. акад. Г.А. Алиева Национальной академии наук Азербайджана
- ИОГен РАН** - Федеральное бюджетное учреждение науки Институт общей генетики им Н.И. Вавилова Российской академии наук.
- ИОРАН** - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук.
- ИПРЭК СО РАН** - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук.

- ИПЭЭ РАН** - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук.
- ИФА РАН** - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук.
- ИФПБ РАН** - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт фундаментальных проблем биологии Российской академии наук.
- ИФХиБПП РАН** - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения Российской академии наук.
- ИЭВБ РАН** – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экологии Волжского бассейна Российской академии наук.
- ИЭПС УрО РАН** - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экологических проблем Севера Уральского отделения Российской академии наук.
- ИЭРиЖ УрО РАН** – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук.
- Карадагский заповедник** – Карадагский природный заповедник.
- КГУ им. Н.А. Некрасова** - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Костромской государственный университет им. Н.А. Некрасова.
- МарГУ** - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Марийский государственный университет».
- МГУ имени М.В. Ломоносова** - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова.
- МГУЛ** - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет леса».
- АНАКА Институт Экологии** - Институт Экологии Национального аэрокосмического агентства Министерство оборонной промышленности Азербайджана.
- МОО «Экологический союз»** - Межрегиональная общественная организация "Экологический союз".
- НИУ «БелГУ»** - Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет».
- НП «Прозрачный мир»** – Некоммерческое партнерство «Прозрачный мир».
- ОмГПУ** - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Омский государственный педагогический университет.
- ОмГУ** – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского.
- ООО ЦТС "НАУКА"** – Общество с ограниченной ответственностью "Центр технического сопровождения "Наука".
- ПГНИУ** - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет»
- Почвенный институт им. В.В. Докучаева** - Государственное научное учреждение Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии.
- ПФ «Верховье»** - Некоммерческая организация природоохранный фонд "Верховье".
- РГАУ-МСХА** - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева.
- РДЛУП Гомельлеспроект** – Республиканское дочернее лесоустроительное предприятие Гомельлеспроект
- Российский университет кооперации** – Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования Центросоюза Российской Федерации «Российский университет кооперации».
- САФУ** - Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова».
- СПБГЛТУ** - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова».
- СПбГУ** - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт – Петербургский государственный университет».

- СФУ** - Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет».
- СыктГУ** - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Сыктывкарский Государственный Университет.
- ТвГУ** - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тверской государственный университет».
- ТГПУ** - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Томский государственный педагогический университет.
- ТГУ** - Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».
- ТувИКОПР** - Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов Сибирского отделения Российской академии наук.
- УГЛТУ** - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный лесотехнический университет».
- Университет «Дубна»** - Государственное бюджетное учреждение высшего образования Московской области «Международный институт природы, общества и человека «Дубна» (филиал «Угреша»).
- Университет Лавалья** - Laval University
- СПбНИИЛХ** - Федеральное бюджетное учреждение «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства».
- Рослесозащита** – Федеральное бюджетное учреждение Российский центр защиты леса.
- СевНИИЛХ** - Федеральное бюджетное учреждение «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства».
- БГИТА** - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Брянская государственная инженерно-технологическая академия».
- Приморская ГСХА** - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Приморская государственная сельскохозяйственная академия».
- ДальГА** - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Дальневосточный государственный аграрный университет.
- ВНИИКР** - Федеральное государственное бюджетное учреждение Всероссийский центр карантина растений.
- ИГКЭ Росгидромета и РАН** - Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт глобального климата и экологии Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и Российской академии наук».
- ЦЭПЛ РАН** - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов Российской академии наук.
- IIASA** – Международный институт прикладного системного анализа.
- SLU** - Шведский Университет Сельскохозяйственных Наук, Swedish University of Agricultural Sciences.