



**Интенсификация
лесного хозяйства России:
проблемы и инновационные
пути решения**

**Красноярск
2016**

Всероссийская научно-практическая
конференция с международным
участием



Красноярск
19-23 сентября 2016 г.

«Интенсификация
лесного хозяйства России:
проблемы и инновационные пути решения»

FEDERAL AGENCY FOR SCIENTIFIC ORGANIZATIONS
Federal state budgetary research organization
«Federal Research Center
«Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences»
V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
RAS Scientific Council on Forest Problems

SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

FEDERAL FORESTRY AGENCY

KRASNOYARSK KRAY MINISTRY OF FOREST MANAGEMENT

INTENSIFICATION OF THE RUSSIAN FOREST MANAGEMENT: PROBLEMS AND INNOVATIVE SOLUTIONS

Proceedings of the All-Russian Research and Technical Conference
With International Participation
Krasnoyarsk, September 19-23, 2016



Krasnoyarsk, 2016

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный исследовательский центр
«Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»
Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Научный совет РАН по проблемам леса

СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

МИНИСТЕРСТВО ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И ИННОВАЦИОННЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ

Материалы Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием
Красноярск, 19-23 сентября 2016 г.



Красноярск, 2016

Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Красноярск, 19-23 сентября 2016 г.. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2016. – 234 с.

Конференция посвящена итогам исследований по интенсификации лесного хозяйства в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов. Публикуемые материалы будут способствовать формированию перспективных направлений приоритетных научных исследований, выработке экономически обоснованного подхода к многоцелевому, комплексному и неистощительному ведению лесного хозяйства в Российской Федерации. Материалы сборника представляют интерес не только для научного сообщества, но и для практиков лесного хозяйства, руководителей региональных и федеральных органов управления лесным хозяйством страны.

Intensification of the Russian forest management: problems and innovative solutions. Proceedings of the All-Russian Research and Technical Conference. Krasnoyarsk, September 19-23, 2016. Krasnoyarsk: IF SB RAS, 2016. – 234 p.

The conference was devoted to the research results on forest management intensification in the area of reforestation, forest protection and utilization. Conference publication will contribute to formation of perspective directions of scientific searching, developing of economically sounded approach to multipurpose, integrated and resource maintained forest management in the Russian Federation. The book will be of interest for the research community as well as for forest management experts, stakeholders of regional and federal forest management administration.

Печатается по решению оргкомитета конференции

*Редакционная коллегия: Ю.Н. Баранчиков, П.А. Цветков,
И.Н. Павлов, В.А. Соколов, А.С. Шишикин*

Издано при поддержке



Российского фонда
фундаментальных исследований
Грант № 16-45-241039



Красноярского краевого фонда
поддержки научной и
научно-технической деятельности

Конференция проведена совместно с Филиалом фонда им. Фридриха Эберта (Германия) в Российской Федерации.

СОДЕРЖАНИЕ

Андреева Е.М., Стеценко С.К., Кучин А.В., Терехов Г.Г., Хуршкайнен Т.В. Всхожесть семян и биометрические показатели проростков елей сибирской и европейской под влиянием регуляторов роста.....	13
Артюшенко П.В., Томилин Ф.Н. Устойчивость молекул феромонов лесных насекомых к внешним воздействиям.....	16
Архипов Е.В. Горимость горных лесов Восточного Казахстана.....	18
Астраханцева Н.В., Анискина А.А., Пашенова Н.В., Баранчиков Ю.Н. Структурные и химические особенности коры пихт в первичном и вторичном ареале инвазийного вредителя – уссурийского полиграфа.....	21
Бажина Е.В., Третьякова И.Н. Индукция морфогенного каллуса пихты сибирской.....	23
Баранчиков Ю.Н. Эруптивные насекомые-филлофаги не являются «экосистемными инженерами». По определению.....	25
Баранчиков Ю.Н., Демидко Д.А., Звягинцев В.Б., Серая Л.Г., Ярук А.В. На запад поехал один из них, а на восток – другой? Инвазийные дальневосточные консументы ясеня в европейской части России.....	27
Барретт К. Неудача послепожарного восстановления в лесах Южной Сибири.....	29
Бикиров Ш.Б. Бескочечная форма облепихи крушиновидной в Прииссыккулье.....	32
Бикиров Ш.Б., Уметалиева Н.К., Каримов Н.И. Интенсификация и восстановление деградированных лесов в Кыргызстане.....	33
Бобринев В.П., Пак Л.Н., Банщикова Е.А. Оценка содействия естественному лесовозобновлению при использовании игольчатого катка.....	34
Богородская А.В., Кукавская Е.А., Пономарева Т.В. Микробиологическая индикация лесорастительного состояния почв нарушенных экосистем Средней Сибири.....	36
Брюханов А.В., Панов А.В., Сиденко Н.В. Влияние индивидуальных особенностей деревьев на их устойчивость к низовым пожарам в условиях Центральной Сибири.....	38
Буряк Л.В., Иванов В.А., Кукавская Е.А. Оценка природной пожарной опасности и ее динамики.....	40
Валендик Э.Н., Киселяхов Е.К., Пономарев Е.И., Косов И.В., Лобанов А.И. Степные пожары: проблемы и инновационные пути их решения.....	42
Волокитина А.В., Софронова Т.М., Корец М.А. Совершенствование оценки пожарной опасности в лесу.....	44
Волченкова Г.А., Звягинцев В.Б. Роль суперособей <i>Heterobasidion annosum</i> (Fr.) Bref. в формировании очагов усыхания сосны.....	46
Воронин В.И., Шубкин Р.Г., Рыморев М.В. Интенсивные лесные пожары в Байкальском регионе.....	48
Главендекич М.М. Оценка осведомленности лесников о вызывающих аллергии насекомых.....	50
Голдаммер Дж.Г., Ерицов А.М., Киселяхов Е.К. Необходимость разработки практических научно обоснованных решений для лесного хозяйства и контроля пожаров для Российской Федерации.....	53
Гончарова И.А. Влияние густоты древостоя на структуру и продуктивность напочвенного покрова в культурах лиственницы сибирской.....	57
Гриднев А.Н., Овчинникова Н.Ф., Мамедова Л.С. Внутривидовая изменчивость и лесное хозяйство.....	59
Гродницкая И.Д., Сорокин Н.Д., Кондакова О.Э. Использование микроорганизмов в мониторинге и защите лесных фитоценозов Сибири.....	61
Гуров А.В., Гурова Н.Н., Астапенко С.А. Структура опушки и мобильность герпетобионтных жесткокрылых на границе леса.....	64
Данилина Д.М., Солдатов В.В., Ягунов М.Н., Назимова Д.И., Степанов Н.В., Быкова-Сашко Е.В. Методы сохранения биоразнообразия в ходе лесозаготовок на территории Красноярского края в свете концепции интенсификации использования лесов.....	66
Дебков Н.М. Верификация метода «СПОК» по оценке неистощительности лесопользования.....	68

Демидко Д.А., Баранчиков Ю.Н. Попытка контроля непарного шелкопряда инъектированием лиственниц системными инсектицидами.....	70
Доррер Г.А., Шаталов П.С., Буслов И.А., Яровой С.В. Создание компьютерных моделей лесных пожаров с использованием алгоритмов LARGE EDDY SIMULATOR.....	72
Егоренкова Е.Н., Кравченко В.Д., Ленгесова Н.А., Ефремова З.А. Наблюдения за вязовым пилильщиком <i>Fenusa ulmi</i> Sand. (Hymenoptera, Tenthredinidae), листовым минером вяза мелколистного <i>Ulmus pumila</i>	77
Егорова А.В. Влияние хвойного препарата на рост семян сосны обыкновенной.....	79
Желдак В.И., Сидоренков В.М., Кулагин А.А. Лесоводственная оценка потенциала интенсификации лесопользования – содержания лесов и направления его освоения.....	81
Жила С.В. Оценка и мониторинг послепожарного изменения фитомассы в светлохвойных насаждениях Нижнего Приангарья.....	84
Залесов С.В., Белов Л.А., Магасумова А.Г., Оплетаев А.С., Юровских Е.В. Старейшие искусственные насаждения сосны обыкновенной на старопахотных землях.....	86
Зиганшин Р.А., Качаев А.В. Сходство и различие двух больших выборок в пределах одного природного лесного массива.....	88
Зиганшин Р.А., Качаев А.В. Опыт использования NOSQL СУБД MONGODB для хранения и последующей обработки лесотаксационных данных.....	91
Иванов В.В., Борисов А.Н., Петренко А.Е., Онучин А.А. Формирование структуры сосновых древостоев при интенсивном лесовыращивании.....	93
Иванова Г.А., Иванов В.А., Фридрих И.Е. Оценка и мониторинг последствий воздействия пожаров на компоненты экосистемы сосняков Средней Сибири.....	95
Иванова Ю.Д., Ковалев А.В., Суховольский В.Г. Воздействие поллютантов на рост деревьев в пригородных насаждениях: модели «доза-эффект».....	97
Кабанов А.Н. Изучение прироста сосны обыкновенной в лесных культурах северного Казахстана... ..	99
Карьялайнен Т. Результаты интенсивного и устойчивого ведения лесного хозяйства в Финляндии... ..	101
Кириченко Н.И., Акулов Е.Н., Пономаренко М.Г. Обзор минирующих насекомых - вредителей древесных растений в азиатской России.....	103
Ковалев А.В., Цикалова П.Е. Модели феромонного поиска и оценка эффективности феромонных ловушек.....	107
Ковалев А.П., Шешуков М.А., Позднякова В.В. Восстановление кедровых лесов методом создания реконструктивно-семенных культур кедра мелкоконтурными участками (биогруппами).....	109
Ковалева Н.М., Собачкин Р.С. Динамика травяно-кустарничкового яруса в сосновых молодняках на залежных почвах.....	111
Коновалова А.Е., Пименов А.В. Инновационный подход к селекции сосны обыкновенной по признаку окраски мужских генеративных структур.....	113
Коновалова М.Е., Назимова Д.И., Данилина Д.М. Формирование рубками ухода черневых кедровников.....	115
Кофман Г.Б., Коновалова М.Е., Коновалова А.Е. Интегральная и парциальная сопряженность растительности и элементов рельефа.....	117
Кривец С.А., Бисирова Э.М., Дебков Н.М., Керчев И.А., Чернова Н.А. Разработка технологии мониторинга состояния пихтовых лесов в зоне инвазии уссурийского полиграфа в Томской области: принципы и подходы.....	120
Кузнецова Г.В. Прививка кедровых сосен в Красноярской лесостепи.....	122
Кузьмин С.Р., Кузьмина Н.А. Отбор перспективных климатических экотипов сосны обыкновенной в географических культурах в Сибири.....	124
Кукавская Е.А., Коначард С.Г., Буряк Л.В., Иванова Г.А., Жила С.В., Каленская О.П., Зарубин Д.С. Усовершенствование оценки пирогенной эмиссии углерода в лесах Сибири.....	127

Махнева С.Г. Качество пыльцы и семян сосны обыкновенной в условиях техногенного загрязнения ГРЭС.....	129
Мельник М.А., Волкова Е.С., Кривец С.А. Концептуальные подходы к оценке рисков распространения уссурийского полиграфа в районах инвазии.....	131
Мешкова В.Л., Соколова И.Н. Короеды-корнежилы в несомкнутых сосновых культурах, созданных на вырубках в Придонецких борах.....	133
Морозова Т.И. Фитопатологические обследования природного парка «Ергаки».....	135
Мурзакуматов Р.Т., Шишкин А.С., Борисов А.Н. Перспективы использования горных отвалов для интенсивного лесовыращивания.....	137
Назимова Д.И., Сулейманова Ж.Р., Степанов Н.В. Концептуальные подходы к развитию рекреационного лесопользования на юге Красноярского края.....	140
Нисневич А.Е., Дуркин А.В., Свищев Д.А. Развитие системы лесочетных работ на территории региона как показатель степени интенсификации лесного хозяйства.....	142
Онучин А.А. Инновации в решении актуальных проблем лесного хозяйства Сибири.....	145
Пальникова Е.Н., Свищерская И.В., Тарасова О.В., Ягунов М.Н., Суховольский В.Г. Лесные насекомые как экологические инженеры: оценка воздействия на лесные экосистемы.....	147
Пашенова Н.В., Бабичев Н.С., Демидко Д.А., Петько В.М., Перцова А.А., Баранчиков Ю.Н. Опыт контроля вредителей и патогенов пихты сибирской путем инъектирования стволов препаратом системного действия.....	149
Петько В.М., Баранчиков Ю.Н., Демидко Д.А., Вонг Б., Ланс Д.Р. Оценка разных типов феромонных ловушек для отлова самцов сибирского шелкопряда (Lepidoptera: Lasiocampidae).....	151
Пономарев В.И., Серый Г.А. Возможное влияние наличия лесорастительных зон внутри региона на отнесение его к зоне риска возникновения очагов вредителей леса.....	153
Пономарев Е.И., Швецов Е.Г., Усатая Ю.О. Методы дистанционной регистрации экстремальных и верховых пожаров Сибири.....	155
Пономарева Т.В., Пономарев Е.И. Радиометрическое исследование трансформации старопашотных почв при лесовосстановлении.....	157
Припутина И.В., Фролова Г.Г. Влияние плантаций быстрорастущих форм деревьев на биогеохимический цикл азота и углерода в лесных экосистемах: модельные оценки.....	159
Санников С.Н., Санникова Н.С., Петрова И.В. Система рубок и естественного возобновления сосновых лесов на эколого-гено-географической основе.....	161
Санников С.Н., Терехов Г.Г., Санникова Н.С. Противопожарные лесные полосы с барьером из лиственных пород для защиты от верховых пожаров.....	164
Седаева М.И. Рост интродуцированных деревьев в коллекции Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН.....	166
Седых В.Н. Инвентаризация лесов Сибири на основе генетической типологии.....	168
Седых В.Н. Оценка состояния лесных насаждений, рекультивированных природой.....	170
Секретенко О.П., Ковалев А.В., Пальникова Е.Н., Суховольский В.Г. Окраска крыльев насекомых как индикатор фазы градации популяции.....	172
Селищева О.А., Носников В.В., Гвоздев В.К. Технологические особенности получения посадочного материала липы мелколистной в питомниках Республики Беларусь.....	174
Семякин Д.А., Петренко А.Е., Зубарева О.Н. Оценка возобновления после несплошных рубок в спелых сосняках Красноярской лесостепи.....	176
Сенашова В.А. Болезни филлосферы хвойных.....	178
Синькевич С.М., Соколов А.И., Ананьев В.А., Крышень А.М. О нормативной базе интенсификации лесного хозяйства.....	180
Собачкин Д.С., Косов И.В. Влияние огня на лесовозобновление в сосняках Красноярской лесостепи.....	183

Соколов В.А., Втюрина О.П., Соколова Н.В., Хиневиц Д.С. Проблемы интенсивного использования и воспроизводства лесов в России.....	185
Софронова А.В., Волокитина А.В. Оценка пожарной опасности на участках освоения нефтегазовых месторождений.....	187
Суховольский В.Г., Ковалев А.В., Пальникова Е.Н., Тарасова О.В. Моделирование динамики численности и прогноз вспышек массового размножения лесных насекомых.....	189
Суховольский В.Г., Овчинникова Т.М., Иванова Ю.Д., Ботвич И.Ю., Андреева Е.Б., Кнорре А.А. Моделирование фенодинамики древесных растений с использованием наземных и дистанционных данных.....	191
Теринов Н.Н., Андреева Е.М. Формирование целевых хвойных лесов рубками.....	193
Третьякова И.Н., Пак М.Э., Иваницкая А.С., Орешкова Н.В., Саймова А.С. Микроклональное размножение хвойных через соматический эмбриогенез IN VITRO для плантационного лесовыращивания.....	195
Трофимова Н.В. Методические подходы к зонированию малонарушенных лесных территорий в Сибирском федеральном округе.....	197
Трунов Е.С. Результаты научных исследований и перспективы практического применения методов ДНК-анализа в лесном хозяйстве России.....	199
Усень В.В. Совершенствование системы охраны лесов от пожаров в Республике Беларусь.....	201
Усень В.В., Гордей Н.В. Использование нового химического состава «КОМПЛЕКСИЛ» для борьбы с лесными пожарами.....	203
Усольцев В.А. Фитомасса лесообразующих пород в климатических градиентах Евразии (к менеджменту биосферных функций лесов).....	205
Фарбер С.К., Кузьмик Н.С. Оценка малонарушенных лесных территорий с использованием космических снимков.....	207
Фролова Г.Г., Припутина И.В. Моделирование продуктивности лесных плантаций быстрорастущих форм деревьев (на примере осины (<i>Populus tremula</i> L.)).....	209
Фуряев В.В., Цветков П.А., Фуряев И.В., Злобина Л.П. Оптимизация охраны лесов от пожаров в Красноярском крае путем совершенствования противопожарных мероприятий.....	211
Харук В.И., Им С.Т., Петров И.А., Голуков А.С., Ягунов М.Н. Темнохвойные Сибири в меняющемся климате.....	213
Цветков П.А. Современное состояние лесной пирологии в России.....	216
Чернобровкина Н.П., Робонен Е.В., Илюха В.А., Унжаков А.Р., Тютюнник Н.Н., Прытков Ю.Н., Зайцева М.И. Аргинин из хвойных растений и перспективы его практического использования.....	218
Швецов Е.Г., Кукавская Е.А., Буряк Л.В. Спутниковые данные в оценке состояния лесов Забайкальского края после воздействия пожаров.....	220
Шешуков М.А., Громыко С.А. О влиянии потепления климата на горимость лесов в разных зонально-географических условиях России.....	222
Шешуков М.А., Позднякова В.В., Пирогова О.А. Создание защитных пожароустойчивых насаждений на территории лесного фонда.....	224
Шилкина Е.А., Раздорожная Т.Ю., Шеллер М.А. Результаты сравнительной диагностики фитопатогенов в лесопитомниках Красноярского края.....	227
Шубин Д.А., Залесов С.В., Ведерников Е.А., Залесов В.Н., Толстиков А.Ю., Эфа Д.Э., Усов М.В. Выделение объектов биоразнообразия при заготовке древесины.....	229
Яковлев А.П., Белый П.Н., Сидорович Е.А. Рост лесных культур <i>P. sylvestris</i> на выработанном торфяном месторождении в Беларуси.....	231

CONTENTS

Andreyeva Ye.M., Stetsenko S.K., Kutchin A.V., Terekhov G.G., Hurshkainen T.V. The germinating and biometric parameters of two spruce species seedling under the influence of growth regulators.....	13
Artyushenko P.V., Tomilin F.N. Stability of forest insects pheromones molecules to environmental factors.....	16
Arkhipov Ye.V. Inflammability of the mountain forest in Eastern Kazakhstan.....	18
Astrakhantseva N.V., Anickina A.A., Pashenova N.V., Baranchikov Yu.N. Structural and chemical peculiarities of fir bark in primary and secondary ranges of invasive forest pest – four-eyed fir bark beetle.	21
Bazhina Ye.V., Tretyakova I.N. <i>Abies sibirica</i> morphogenic kalli induction.....	23
Baranchikov Yu.N. Erruptive phyllophagous insects are not «ecosystem engineers». By definition.....	25
Baranchikov Yu.N., Demidko D.A., Zvyagintsev V.B., Seraya L.G., Yaruk A.V. Did one of them moved westwards, while another – eastwards? Invasive Far Eastern ash consumers in European part of Russia.....	27
Barrett K. Post-fire recruitment failure in forests of Southern Siberia.....	29
Bikirov Sh.B. Thornless form of sea buckthorn in the Issyk-Kul region.....	32
Bikirov Sh.B., Umetalieva N.K., Karimov N.I. Intensification and restoration in forest degradation of Kyrgyzstan.....	33
Bobrinev V.P., Pak L.N., Banshchikova Ye.A. Natural regeneration promotion assessment of needle roller rink using.....	34
Bogorodskaya A.V., Kukavskaya E.A., Ponomareva T.V. Microbiological indication of Central Siberian disturbed soil ecosystems' forest growth status.....	36
Bryukhanov A.V., Panov A.V., Sidenko N.V. Influence of individual characteristics of trees on their fire-resistance after the surface wildfires in Central Siberia.....	38
Buryak L.V., Ivanov V.A., Kukavskaya E.A. Evaluation of fire danger and its dynamics.....	40
Valendik E.N., Kisilyakhov Ye.K., Ponomarev Ye.I., Kosov I.V., Lobanov A.I. Catastrophic steppe fires: problems and innovative approaches to their solution.....	42
Volokinina A.V., Sofronova T.M., Korets M.A. Improvement of fire danger rating in forest.....	44
Volchenkova G.A., Zviagintsev V.B. The role of super individuals of <i>Heterobasidion annosum</i> (Fr.) Bref. in the formation of pine dieback centers.....	46
Voronin V.I., Shubkin R.G., Rimorev M.V. Intensive forest fires in the Baikal region.....	48
Glavendekic M.M. Assessing the awareness of insect causing allergies among forest professionals.....	50
Goldammer J.G., Eritsov A.M., Kisilyakhov Ye.K. Need for the development of pragmatic and science-based solutions for forest management and fire management for the Russian Federation.....	53
Goncharova I.A. The stand density impact on growths cover structure and productivity in artificial larch plantations.....	57
Gridnev A.N., Ovchinnikova N.F., Mamedova L.S. Intraspecific variation and forestry.....	59
Grodnitskaya I.D., Sorokin N.D., Kondakova O.E. The use of microorganisms in monitoring and protection of forest phytocenoses of Siberia.....	61
Gurov A.V., Gurova N.N., Astapenko S.A. The structure of forest border and herpetobium Coleoptera mobility across the forest boundary.....	64
Danilina D.M., Soldatov V.V., Yagunov M.N., Nazimova D.I., Stepanov N.V., Bikova-Sashko E.V. Methods of biodiversity protection during logging in the Krasnoyarsk territory under forest use intensification conception.....	66
Debkov N.M. «SPOK» techniques verification in forest management sustainability assessing.....	68
Demidko D.F., Baranchikov Yu.N. A trial of gypsy moth control by larch injection by systemic insecticides.....	70
Dorrer G.A., Shatalov P.S., Buslov I.A., Yarovoy S.V. Creation of forest fires computer model using LARGE EDDY SIMULATOR algorithms.....	72

Yegorenkova E.N., Kravchenko V.D., Lengesova N.A., Yefremova Z.A. Observations on <i>Fenusa ulmi</i> Sand. (Hymenoptera, Tenthredinidae), a leaf miner of Chinese elm <i>Ulmus pumila</i>	77
Yegorova A.V. Effect of a conifer-derived product on the growth of Scots pine seedlings.....	79
Zheldak V.I., Sidorenkov V.M., Kulagin A.A. Silvicultural assessment of forest management intensification potential, way of forest maintaining and directions of its development.....	81
Zhila S.V. Assessment and monitoring of the postfire changes of the phytomass in the coniferous stands of the lower Angara region.....	84
Zalesov S.V., Belov L.A., Magasumova A.G., Opletayev A.S., Yurovskih Ye.V. The oldest plantations of Scots pine in old-arable lands.....	86
Ziganshin R.A., Kachaev A.V. Similarities and differences of two large samples within one natural forest stand.....	88
Ziganshin R.A., Kachaev A.V. Experience of NOSQL database MONGODB using for storage and subsequent processing of standard forest inventory data.....	91
Ivanov V.V., Borisov A.N., Petrenko A.Ye., Onuchin A.A. Formation of pine stands structure in intensive forest cultivation.....	93
Ivanova G.A., Ivanov V.A., Fridrich I.Ye. Estimating and monitoring effects of fire on ecosystem components of Scots pine forests of Central Siberia.....	95
Ivanova Ju.D., Kovalev A.V., Soukhovolsky V.G. The impact of pollutants on the growth of trees in suburban stands: "dose-effect" model.....	97
Kabanov A.N. Study of Scots pine growth in forest cultures of northern Kazakhstan.....	99
Karjalainen T. Results of intensive and sustainable forest management in Finland.....	101
Kirichenko N.I., Akulov E.N., Ponomarenko M.G. Review of leaf mining insects – the woody plant pests in Asian Russia.....	103
Kovalev A.V., Tsikalova P.E. Pheromone search models and pheromone traps efficiency evaluation.....	107
Kovalev A.P., Sheshukov M.A., Pozdnyakova V.V. Restoration of the Siberian pine stands by creation of reconstructive and seed pine cultures in biogroups.....	109
Kovaleva N.M., Sobachkin R.S. Ground layer dynamics in young pine stand on old field soils.....	111
Konovalova A.Ye., Pimenov A.V. Innovative approach to Scots pine selection based on anthers color.....	113
Konovalova M.Ye., Nazimova D.I., Danilina D.M. The forming of chern forests dominated by <i>Pinus sibirica</i> by thinning.....	115
Coffman G.B., Konovalova M.E., Konovalova A.E. Total and partial contingency of vegetation and relief elements.....	117
Krivets S.A., Bisirova E.M., Debkov N.M., Kerchev I.A., Chernova N.A. Development of fir forest state monitoring technology in area of four-eyed fir bark beetle invasion in Tomsk oblast: principles and approaches.....	120
Kuznetsova G.V. Stone pine grafts in the Krasnoyarsk forest-steppe.....	122
Kuzmin S.R., Kuzmina N.A. The selection of perspective Scots pine climatic ecotypes in the provenance trial in Siberia.....	124
Kukavskaya E.A., Conard S.G., Buryak L.V., Ivanova G.A., Zhila S.V., Kalenskaya O.P., Zarubin D.S. Improvement of pyrogenic carbon emissions assessment in the forests of Siberia.....	127
Makhniova S.G. Scots pine pollen and seeds quality under technogenic pollution by power plant.....	129
Melnik M.A., Volkova E.S., Krivets S.A. Conceptual approaches for assessing risks of four-eyed fir bark beetle expansion in regions of invasion.....	131
Meshkova V.L., Sokolova I.N. Root-feeding bark beetles in unclosed pine plantations, planted in the clear-cuts in Siversky Donetsk river valley.....	133
Morozova T.I. Phytopathological investigation of «Ergaki» reserve forest.....	135
Murzakmatov R.T., Shishikin A.S., Borisov A.N. Prospects for the use of dumps for intensive forest growing.....	137

Nazimova D.I., Suleymanova J.R., Stepanov N.V. Conceptual approach to recreation forest management in the south of Krasnoyarsk region.....	140
Nisnevich A.Ye., Durkin A.V., Svishchev D.A. The development of a forest accounting system on the regional territory as an indicator of the intensification of forestry.....	142
Onuchin A.A. Innovations in Siberian forestry actual problems solution.....	145
Palnikova E.N., Sviderskaya I.V., Tarasova O.V., Yagunov M.N., Soukhovolsky V.G. Forest insects as ecological engineers: estimation of impact on forest ecosystems.....	147
Pashenova N.V., Babichev N.S., Demidko D.A., Petko V.M., Pertsovaya A.A., Baranchikov Yu.N. Siberian fir pest and pathogen control trial with stem injection by systemic preparation.....	149
Petko V.M., Baranchikov Yu.N., Demidko D.A., Wang B., Lance D.R. Evaluation of different pheromone baited traps types in capturing of Siberian moth males (Lepidoptera: Lasiocampidae).....	151
Ponomarev V.I., Seryi G.A. Possible impact of the forest zones presence in the region on it's attribution to the area of forest pests outbreaks risk.....	153
Ponomarev Ye.I., Shvetsov Ye.G., Usataya Yu.O. Methods for remote registration of extreme and crown wildfires in Siberia.....	155
Ponomareva T.V., Ponomarev Ye.I. The infrared imagery for the analysis of anthropogenic soils transformation during reforestation.....	157
Priputina I.V., Frolova G.G. Impact of the fast-growing trees plantations on the biogeochemical cycles of carbon and nitrogen in forest ecosystems: model assessment.....	159
Sannikov S.N., Sannikova N.S., Petrova I.V. Fellings system and natural regeneration of pine forests on ecological-genetic-geographical basis.....	161
Sannikov S.N., Terekhov G.G., Sannikova N.S. Fire-prevention forest stripes with barrier from deciduous species for protection from crown fires.....	164
Sedaeva M.I. Exotic trees growth in collection of V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS.....	166
Sedykh V.N. The forest inventory in Siberia on the basis of genetic typology.....	168
Sedykh V.N. Assessment of forest plantations reclaimed by nature.....	170
Sekretenko O.P., Kovalev A.V., Palnikova E.N., Soukhovolsky V.G. Insect wings coloration as an indicator of population gradation phase.....	172
Selishcheva O.A., Nosnikov V.V., Gvozdev V.K. Technological features of obtaining linden planting material in nurseries of the Republic of Belarus.....	174
Semenyakin D.A., Petrenko A.E., Zubareva O.N. Evaluation of regeneration after selective cutting in mature pine stands of Krasnoyarsk forest-steppe.....	176
Senashova V.A. Coniferous needle diseases.....	178
Sinkevich S.M., Sokolov A.I., Ananyev V.A., Kryshen A.M. On the regulatory framework of forestry intensification.....	180
Sobachkin D.S., Kosov I.V. Fire impact on pine forest reforestation in Krasnoyarsk forest-steppe.....	183
Sokolov V.A., Vtyurina O.P., Sokolova N.V., Khinevich D.S. Problems of intensive use and reproduction of forests in Russia.....	185
Sofronova A.V., Volokitina A.V. Fire danger on patch oil-and-gas fields.....	187
Soukhovolsky V.G., Kovalev A.V., Palnikova E.N., Tarasova O.V. Modeling of population dynamics and forecasting of forest insects outbreaks.....	189
Soukhovolsky V.G., Ovchinnikova T.M., Ivanova Yu.D., Botvich I.Yu., Andreeva E.B., Knorre A.A. Trees' phenophases modeling with the help of terrestrial and remote data.....	191
Terinov N.N., Andreyeva Ye.M. Formation of the purposed coniferous forests by cuttings.....	193
Tretyakova I.N., Park M.E., Ivanitskaya A.S., Oreshkova N.V., Saimova A.S. Microclonal propagation of conifers by somatic embryogenesis <i>in vitro</i> for plantation forestation.....	195
Trofimova N.V. Methodic approaches to the intact forest landscapes zoning in the Siberian Federal District.....	197

Trunov E.S. Research results and perspectives for practical application of the DNA-analysis methods in forestry of Russia.....	199
Usenya V.V. Improvement of forest fires prevention system in the Republic of Belarus.....	201
Usenya V.V., Gordey N.V. Using the new chemical preparation "COMPLEXIL" to fight forest fires.....	203
Usoltsev V.A. Biomass of forest-forming species in Eurasian climatic gradients (as related to the management of biospheric functions of forests).....	205
Farber S.K., Kuzmik N.S. Evaluation of intact forest landscapes using satellite imagery.....	207
Frolova G.G., Pripulina I.V. Fast-growing of forest plantations productivity modeling (on the example of aspen (<i>Populus tremula</i> L.)).....	209
Furyaev V.V., Tsvetkov P.A., Furyaev I.V., Zlobina L.P. Optimization of forests protection from fires in the Krasnoyarsk region by fire prevention methods. Improving.....	211
Kharuk V.I., Im S.T., Petrov I.A., Golyukov A.S., Yagunov M.N. Siberian dark needle confers in the changing climate.....	213
Tsveytkov P.A. Modern state of forest fire science in Russia.....	216
Chernobrovkina N.P., Robonen E.V., Ilyukha V.A., Unzhakov A.R., Tyutyunnik N.N., Prytkov Yu.N., Zaitseva M.I. Arginine from coniferous plants and its potential applications.....	218
Shvetsov Ye.G., Kukavskaya Ye.A., Buryak L.V. Satellite data in the assessment of post-fire state of Zabaikaliye region forest.....	220
Sheshukov M.A., Gromyko S.A. The climate change impact on the forests fire danger in conditions of various geographical zones of Russia.....	222
Sheshukov M.A., Pozdnyakova V.V., Pirogova O.A. Creation of fire resistant plantings on the territory of forest fund.....	224
Shilkina E.A., Razdorozhnaya T.Yu., Sheller M.A. The results of the comparative diagnostics of phytopathogens in forest nurseries of Krasnoyarsk territory.....	227
Shubin D.A., Zalesov S.V., Vedernikov Ye.A., Zalesov V.N., Tolstikov A.Yu., Efa D.E., Usov V.M. Allocation of biodiversity objects during forest harvesting.....	229
Yakovlev A.P., Belyi P.N., Sidorovich Ye.A. The <i>P. sylvestris</i> forest cultures growth on drawn peat lands in Belarus.....	231

ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН И БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОРОСТКОВ ЕЛИ СИБИРСКОЙ И ЕВРОПЕЙСКОЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА

Е.М. АНДРЕЕВА¹, С.К. СТЕЦЕНКО¹, А.В. КУЧИН², Г.Г. ТЕРЕХОВ¹, Т.В. ХУРШКАЙНЕН²

¹Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург (stets_s@mail.ru, e_m_andreeva@mail.ru)

²Институт химии Коми научного центра УрО РАН, Сыктывкар

THE GERMINATING AND BIOMETRIC PARAMETERS OF TWO SPRUCE SPECIES SEEDLING UNDER THE INFLUENCE OF GROWTH REGULATORS

YE.M. ANDREYEVA¹, S.K. STETSENKO¹, A.V. KUTCHIN², G.G. TEREKHOV¹, T.V. HURSHKAINEN²

¹Botanical Garden Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg (stets_s@mail.ru, e_m_andreeva@mail.ru)

²Institute of Chemistry of Komi Scientific Center, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Syktyvkar

Применение стимуляторов роста при выращивании сеянцев хвойных пород в связи с возрастающей потребностью в получении качественного посадочного материала в настоящее время является актуальным. В Институте химии Коми НЦ УрО РАН разработаны биопрепараты Вэрва и Вэрва-ель с использованием инновационной экологически безопасной технологии эмульсионной экстракции без применения органических растворителей [3]. Препарат Вэрва получен из хвои пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.), его действующее вещество – тритерпеновые кислоты. Препарат Вэрва-ель выделен из древесной зелени ели, действующее вещество – природные флавоноиды. Регулятор роста растений Вэрва успешно применяется на протяжении многих лет в различных регионах России и СНГ в сельском хозяйстве, где он используется для обработки семян и опрыскивания надземной части растений на разных стадиях вегетации. Новый препарат Вэрва-ель менее изучен, но помимо ростостимулирующей активности обладает еще и фунгицидными свойствами [3].

Изучение влияния препаратов Вэрва и Вэрва-ель на семена хвойных пород в процессе выращивания сеянцев только начинается [2].

Цель наших исследований – изучение влияния двух препаратов, Вэрва и Вэрва-ель, на всхожесть семян и биометрические показатели проростков двух видов ели на начальной стадии их развития в лабораторных условиях.

Материалы и методы исследования. В эксперименте использовали семена ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) и ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.). Все семена соответствовали первому классу качества. Подготовка образцов семян и методы их проращивания, а также определение всхожести проводили по ГОСТу [1].

Подготовка семян проводилась следующим образом: 1) их замачивали на сутки в дистиллированной воде, 2) затем выдерживали в 0,5% растворе $KMnO_4$ в течение 2 часов, 3) потом промывали водой и 4) помещали в растворы Вэрва и Вэрва-ель на 6 часов. Рабочие растворы готовили на водной основе. На 1 кг семян брали следующие дозы препаратов: Вэрва – 0,50 мл; 0,25; 0,10; 0,05; 0,025; Вэрва-ель – 0,25 мл; 0,10; 0,05; 0,025; 0,0125. Контролем служил вариант, где семена замачивали в дистиллированной воде.

Для изучения биометрических показателей проростков семена, обработанные разными дозами препаратов Вэрва и Вэрва-ель, выращивали на 0,8%-м агар-агаре в чашках Петри. Повторность каждого варианта опыта – 3-кратная. На 14-й день у проростков измеряли ростовые параметры: длину проростка (общая длина проростка, включая корень, до семядолей) и отдельно корня (см), рассчитывали длину гипокотыля.

Результаты исследований. Анализ результатов всхожести семян, обработанных препаратом Вэрва, на 15-й день показал, что у ели сибирской по сравнению с контролем (всхожесть 90%) не наблюдается какого-либо эффекта от действия препарата в вариантах невысоких доз, до 0,1 мл/кг (85,7–88,6%). У семян, обработанных раствором с концентрацией 0,25 мл/кг, наблюдается снижение всхожести семян до 55,7%, которая при самой высокой примененной дозе (0,5 мл/кг) резко падает (до 31,4%). У ели европейской отмечены практически те же закономерности, что и у ели сибирской, только в целом всхожесть семян первого вида была несколько ниже.

Всхожесть семян, обработанных препаратом Вэрва-ель, по сравнению с контролем не различалась значительно во всех вариантах и варьировала у ели сибирской от 79,0 до 92,0%; у ели европейской – от 58,3 до 71,7%.

Измерение ростовых параметров у 2-недельных проростков, выращенных на агар-агаре после обработки семян разными дозами препаратов Вэрва, показало, что у ели европейской в вариантах с низкими дозами (0,025 и 0,05 мл/кг) длина корня и общая длина проростка не имела различий с контрольным вариантом. Начиная с концентрации 0,1 мл/кг фиксируется незначительное снижение размеров пророст-

ков, а при обработке семян дозой 0,25 мл/кг и выше наблюдаются уже более низкие достоверно значимые по сравнению с контролем различия (рис. 1).

Изученные показатели у ели сибирской при обработке семян раствором с высокими концентрациями (от 0,25 мл/кг) были достоверно ниже таковых в контроле. В вариантах с концентрацией препарата Вэрва 0,025 и 0,05 мл/кг различий с контролем отмечено не было. Всходы в варианте с концентрацией препарата Вэрва 0,1 мл/кг имели самые высокие показатели по длинам проростка, корня и семядоли, достоверно отличающиеся от контроля.

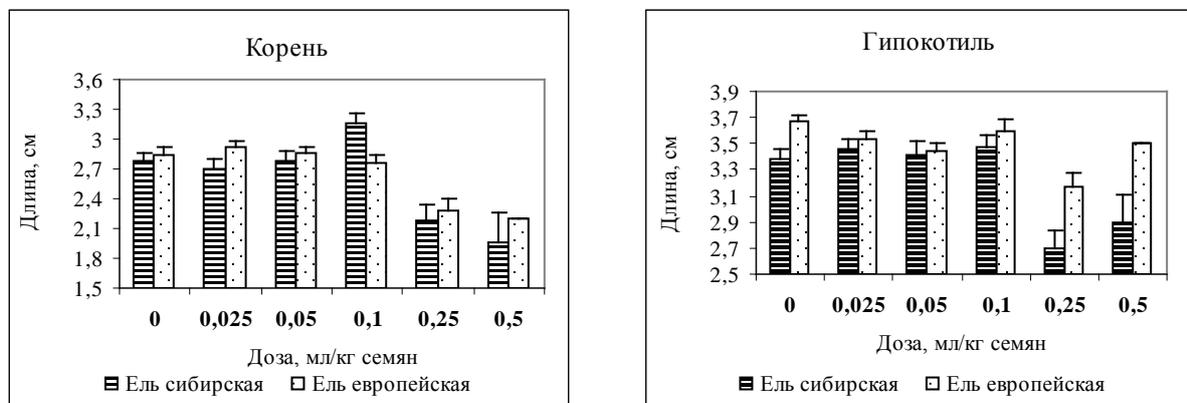


Рис. 1. Длины гипокотыля и корня у сеянцев ели сибирской и ели европейской при обработке семян разными дозами препарата Вэрва.

При обработке семян ели европейской препаратом Вэрва-ель длина корня (рис. 2) во всех вариантах была достоверно ниже, чем в контроле (кроме дозы препарата 0,05 мл/кг). Длина гипокотыля по сравнению с контролем увеличивается только в варианте с самой низкой концентрацией препарата (но достоверного различия нет). Увеличение дозы снижает длину гипокотыля (достоверно при дозе 0,1). У ели европейской отмечен высокий коэффициент корреляции длины проростка с размером корня 0,92 ($P < 0,05$), с длиной гипокотыля он недостоверный.

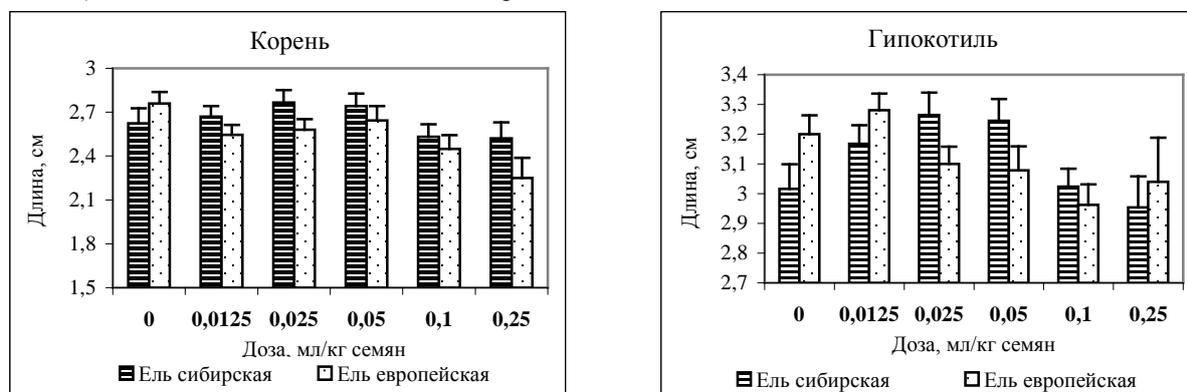


Рис. 2. Длины гипокотыля и корня у сеянцев ели сибирской и ели европейской при обработке семян разными дозами препарата Вэрва-ель.

У проростков ели сибирской наблюдается увеличение длины корня и гипокотыля (достоверно) при невысоких концентрациях Вэрва-ель по сравнению с контролем, в вариантах 0,1–0,25 мл/кг различий с контролем нет. В целом у ели сибирской отмечены высокие достоверные положительные корреляции между длинами проростка, гипокотыля и корня, то есть наблюдается равномерное увеличение всех частей проростка.

Выводы. 1. Проведенные в лабораторных условиях исследования не выявили стимулирующего влияния препаратов Вэрва и Вэрва-ель на всхожесть семян елей сибирской и европейской по сравнению с контролем. Отмечено, что обработка препаратом Вэрва с концентрацией 0,50 мл на 1 кг семян приводит к негативному влиянию на всхожесть семян.

2. Действие предпосевной обработки семян изученных хвойных пород препаратами Вэрва и Вэрва-ель на биометрические показатели проростков неоднозначно. В первую очередь отмечаем различную реакцию на препараты у разных видов ели. Из рассмотренных доз стимулирующее действие на показатели длины корня и проростка на изученном этапе развития растений отмечено только у всходов ели сибирской. В проведенном опыте у ели сибирской достоверное увеличение биометрических показателей

наблюдается при обработке семян препаратом Вэрва в дозе 0,1 мл/кг и препаратом Вэрва-ель в дозах 0,025 и 0,05 мл/кг.

3. Для более полного изучения стимулирующего воздействия препаратов на всхожесть семян хвойных пород и развитие их проростков исследования необходимо продолжить в полевых условиях, так как работы, проведенные в лаборатории, исключали влияние внешних факторов, в частности, погодных и эдафических (почвенно-грунтовых).

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 13056.6-97. Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести.
2. Семенчина А.А., Гольщикова Е.А., Романов Г. Г. Влияние двух биопрепаратов на семена и сеянцы *Pinus sylvestris* L. и *Picea abies* (L.) H. Karst. // Междунар. науч.-иссл. журн., 2014, № 11 (30), ч. 1. С. 86–89.
3. Хурикайнен Т.В., Кучин А.В. Лесохимия для инноваций в сельском хозяйстве // Известия Коми научного центра УрО РАН, 2011, № 5. С. 17–23.

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа выполняется при финансовой поддержке проекта 15-15-34-68 программы УрО РАН.

УСТОЙЧИВОСТЬ МОЛЕКУЛ ФЕРОМОНОВ ЛЕСНЫХ НАСЕКОМЫХ К ВНЕШНИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

П.В. АРТИЮШЕНКО¹, Ф.Н. ТОМИЛИН^{1, 2}

¹Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН, Красноярск (art_polly@mail.ru)

²Сибирский федеральный университет, Красноярск (felixnt@gmail.ru)

STABILITY OF FOREST INSECTS PHEROMONES MOLECULES TO ENVIRONMENTAL FACTORS

P.V. ARTYUSHENKO¹, F.N. TOMILIN¹⁻²

¹L.V. Kirensky Institute of Physics SB RAS, Krasnoyarsk (art_polly@mail.ru)

²Siberian Federal University, Krasnoyarsk (felixnt@gmail.ru)

Передача информации среди насекомых часто осуществляется посредством феромонной коммуникации, связанной с выделением особями специфических для каждого вида химических веществ. Эффективность системы феромонной коммуникации зависит от мощности феромонного сигнала и от таких характеристик информационного канала, как затухание сигнала в канале и отношение сигнал/шум. Важную роль играет время нахождения молекул феромонов в воздушных потоках. Особенности феромонной коммуникации, связанные с потерей информации в процессе передачи, изучены мало. Причиной затухания сигнала может быть либо адсорбция молекул феромонов на поверхности растений, либо разложение молекул под действием факторов среды [1]. Определить, как различные факторы среды влияют на молекулы феромонов, экспериментальным путем достаточно сложно, поэтому в данной работе для оценки устойчивости феромонов лесных насекомых к факторам внешней среды использовались методы квантовой химии.

В качестве объектов анализа были выбраны феромоны опасных лесных вредителей: непарного шелкопряда *Limantria dispar* L., соснового шелкопряда *Dendrolimus pini* L., сибирского шелкопряда *Dendrolimus sibiricus* Tschetv, короледа-типографа *Ips typographus* L., черного пихтового усача *Monochamus urussovi* Fish и черного соснового усача *Monochamus galloprovincialis* Oliv. Данные о химическом составе феромонов отдельных видов насекомых сведены в открытую базу данных [12]. Диспалюр – феромон непарного шелкопряда, состоит из одного компонента (7R,8S)-цис-7,8-эпокси-2-метилоктадекана [2]. Феромон соснового шелкопряда содержит четыре компонента: (Z,E)-5,7-додекадиеналь, (Z)-5-додекенилацетат, (E)-7-додекенилацетат, (Z,E)-5,7-додекадиенол [5]. Феромон сибирского шелкопряда состоит из восьми веществ: (Z,E)-5,7-додекадиенала, (Z,E)-5,7-додекадиен-1-ола, (Z)-5-додекенала, (E)-6-додекенала, (E)-7-додекенала, (Z)-5-додекен-1-ола, (E)-6-додекен-1-ола, (E)-7-додекен-1-ола [6]. Все молекулы феромонов шелкопрядов содержат атомы кислорода. У рассматриваемых насекомых-ксилофагов большая часть молекул феромонов относится к терпенам (монотерпенам), молекулы которых содержат по два напряженных цикла. Феромонная смесь короледа-типографа состоит из 2-метил-3-бутен-2-ола, цис-вербенола, транс-вербенола, 2-фенилэтанола, миртенола и транс-миртенола [3]. Компоненты привлекающей феромонной смеси для черного пихтового усача *M. urussovi* – непредельные монотерпены: 1S-альфа-пинен, 1R-альфа-пинен, S-3карен, R-лимонен, альфа-терпинолен [9]. Самки *M. galloprovincialis* привлекают летучие соединения, выделяемые самцами: альфа-пинен, этанол, ипсенол, ипсдиенол и 2-метил-3-бутен-1-ол [8].

С помощью квантово-химического метода B3LYP/6-31(p,d) [4, 11] в программе GAMESS [10] был выполнен расчет геометрии молекул феромонов и определены их основные характеристики. Был смоделирован процесс перехода молекул из основного состояния в возбужденное, рассчитаны длины волн (энергии) поглощения молекул, значения дипольного момента и его ориентация, рассмотрен процесс перехода электронов с занятых молекулярных орбиталей на вакантные. Анализ полученных данных дает возможность оценить химическую активность молекул при воздействии на них таких факторов среды, как солнечный свет и влажность воздуха.

Расчеты показали, что все молекулы феромонов исследуемых шелкопрядов поглощают в ультрафиолетовой части спектра. Для молекул, содержащих сопряженные двойные связи, длины волн поглощения составляют 226–227 нм, для молекул с одной двойной связью – от 169 нм до 173 нм, а для молекул диспалюра, не имеющей в структуре двойных связей, длина волны поглощения составляет 144 нм. Дипольный момент молекул достаточно большой, от 1,2 Д до 2,7 Д. Анализ электронной структуры позволяет предположить, что в молекулах феромонов сибирского и соснового шелкопрядов при переходе молекул в возбужденное состояние будут происходить изменения геометрии в области расположения двойных связей, а для феромона непарного шелкопряда – в области эпоксидного кольца. Аналогичные характеристики были получены для феромонов ксилофагов. Значения длин волн поглощения молекул лежат в ультрафиолетовой области спектра в диапазоне 140–219 нм, энергия, необходимая для перехода

молекул из основного состояния в возбужденное, составляет соответственно от 5,7 эВ до 8,8 эВ. Дипольные моменты молекул феромонов, не содержащих атомы кислорода, лежат в диапазоне от 0,15 до 0,65 Д. Молекулы феромонов, содержащие в структуре атом кислорода, более полярны, значения дипольного момента для них составляют от 1,2 до 1,7 Д. При поглощении энергии молекулы феромонов переходят из основного состояния в возбужденное, при этом наблюдаются изменения в структуре молекул: увеличение длины и даже разрыв некоторых связей. Для молекул, содержащих напряженные циклы, возбуждение может привести к раскрытию циклов и значительному изменению структуры.

Проведенные расчеты показали, что на структуру феромонов возможно влияние внешних факторов, например, солнечного света и температуры. Под действием этих факторов в молекулах феромонов могут изменяться межатомные расстояния и углы связи, что приводит к активации молекулы. Эффективность восприятия молекулы феромона рецептором насекомого зависит от геометрической формы молекулы [7], поэтому можно предположить, что молекула феромона в возбужденном состоянии может не улавливаться сенсорами насекомых. С точки зрения информационного описания это означает, что интенсивность феромонного сигнала уменьшается. Для полярных молекул феромонов, чей дипольный момент лежит в диапазоне от 1,2 до 2,7 Д, возможно взаимодействие с полярными молекулами, содержащимися в воздухе, например, с той же водой, дипольный момент которой равен 1,86 Д. Такие взаимодействия могут приводить к уменьшению концентрации молекул феромонов в воздухе и к затуханию феромонного сигнала.

Нахождение насекомыми источника феромонов указывает на то, что в процессе эволюции насекомые сумели компенсировать воздействие факторов среды на систему феромонной коммуникации, выработав определенные схемы поведения. Например, максимальная поисковая активность сибирского шелкопряда, для которого длины волн поглощения лежат в диапазоне от 169 до 227 нм, приходится на вечерние часы [5], когда интенсивность УФ-излучения очень низкая и риск затухания сигнала в феромонном коммуникационном канале минимален. В течение следующего дня феромоны, выпущенные самками накануне вечером, дезактивируются под действием УФ-излучения, что уменьшает уровень шума в феромонном канале к вечеру. Таким образом, анализ связей между характеристиками поискового поведения отдельных видов насекомых и квантово-химическими свойствами молекул феромонов может способствовать объяснению особенностей поведения особей этих видов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Томилин Ф.Н., Осина О.В., Кузубов А.А и др.* Устойчивость молекул феромонов лесных чешуекрылых к факторам внешней среды // Биофизика, 2011, 4. С. 714–722.
2. *Bierl B.A., Beroza M., Collier C.W.* Potent sex attractant of the gypsy moth: its isolation, identification, and synthesis // Science, 1970, 170(953): 87–89.
3. *Birgersson G., Schlyter F., Löfgqvist J., Bergström G.* Quantitative variation of pheromone components in the spruce bark beetle *Ips typographus* from different attack phases // J. Chem. Ecol., 1984, 10: 1029–1055.
4. *Hertwig R.H., Koch W.* On the parameterization of the local correlation functional: What is Becke-3-LYP // Chem. Phys. Lett., 1997, 268: 345–351.
5. *Klun J.A., Baranchikov Yu.N., Mastro V.C.* A Sex Attractant for the Siberian Moth – *Dendrolimus Superans Sibiricus* (Lepidoptera: Lasiocampidae) // J. Entomol. Sci., 2000, 36: 84–92.5.
6. *Kong X.-B., Zhao C.-H., Wang R.* Sex pheromone of the larch caterpillar moth, *Dendrolimussuperans*, from northeastern China // Entomologia experimentalis et Applicata, 2007, 124: 37–44.
7. *Larsson M.C., Leal W.S., Hansson B.S.* Olfactory receptor neurons specific to chiral sex pheromone components in male and female *Anomala cuprea* beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) // Journal of Comparative Physiology A, 1999, 184: 353–359.
8. *Pajares J.A., Alvarez G., Ibeas F., Gallego D., Hall D.R., Farman D.I.* Identification and field activity of a male-produced aggregation pheromone in the pine sawyer beetle, *Monochamus galloprovincialis* // J Chem Ecol., 2010, 36(6): 570–583.
9. *Pettersson E., Boland W.* Potential parasitoid attractants, volatile composition throughout a bark beetle attack // Chemoecology, 2003, 13: 27–32.
10. *Schmidt M.W., Baldrige K.K., Boatz J.A., Elbert S.T. et al.* General Atomic and Molecular Electronic Structure System // J. Comput. Chem., 1993, 14: 1347–1363.
11. *Tirado-Rives J., Jorgensen W.L.* Performance of B3LYP Density Functional Methods for a Large Set of Organic Molecules // J. Chem. Theory Comput., 2008, 4: 297–306.
12. *The Pherobase.* Database of pheromones and semiochemicals: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pherobase.com>.

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа поддержана РФФИ (грант № 16-04-00132 А). Авторы благодарят за помощь сотрудников межведомственного суперкомпьютерного центра РАН МВС-100К и комплекса высокопроизводительных вычислений ИКИТ СФУ.

ГОРИМОСТЬ ГОРНЫХ ЛЕСОВ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА

Е.В. АРХИПОВ

Казахский НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации, г. Щучинск (arhipov.forestfires@mail.ru)

INFLAMMABILITY OF THE MOUNTAIN FOREST IN EASTERN KAZAKHSTAN

Y.V. ARKHIPOV

Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry, Shchuchinsk (arhipov.forestfires@mail.ru)

Ключевые слова: Казахстанский Алтай, лесные пожары, запас лесных горючих материалов (ЛГМ), санитарное состояние, черневая тайга.

В статье приведены результаты анализа горимости горных лесов Восточно-Казахстанской области (ВКО) за период 2000-2014 гг., приведены данные о запасе ЛГМ в некоторых типах леса и санитарном состоянии пихтовых насаждений.

Восточно-Казахстанская область занимает ведущее место в экономике Республики Казахстан. Значительные залежи полезных ископаемых, лесных и гидроэнергетических ресурсов в сочетании с плодородными землями и сравнительно благоприятными климатическими ресурсами предопределили комплексное развитие промышленности, сельского и лесного хозяйства. Горная часть территории ВКО именуется Казахстанским Алтаем, куда входят хребты Рудный и Южный Алтай, Саур, Тарбагатай и Калбинские нагорья. Общая площадь земель лесного фонда региона по состоянию на 01.01.2009 г. составляет 2976 тыс.га, в т.ч. покрытая лесом – 1401,1 тыс.га на которой функционируют 13 коммунальных государственных учреждений лесного хозяйства (КГУ ЛХ) и 4 ООПТ - «Маркакольский» и «Западно-Алтайский» ГПЗ, «Катон-Карагайский» и «Алакольский» ГНПП [1].

За период исследований 2000-2014 гг., на территории гослесфонда ВКО произошло 442 лесных пожара. Общая площадь пройденная огнём составила 12 129,317 га, в том числе покрытая лесом – 7 946,467га.

В результате полученного индекса горимости [2] все учреждения были условно разделены на группы. Наибольший показатель горимости оказался в КГУ «Асубулакское ЛХ» (рис. 1) и составил – 229,6 единиц, что позволило отнести его в группу «Повышенная пожарная опасность» (III). В этом лесохозяйственном учреждении преобладают сосновые насаждения, которые практически в той или иной степени затронуты лесными пожарами, полнота составляет 0,3 - 0,4 и ниже. За 15 летний период пройденная огнём площадь здесь равна 6 781,2 га, в том числе покрытая лесом – 2 848,7 га. Причинами возникновения лесных пожаров являлись - 46,5% или 46 случаев антропогенного происхождения и 53,5 % или 53 случая от грозových разрядов.

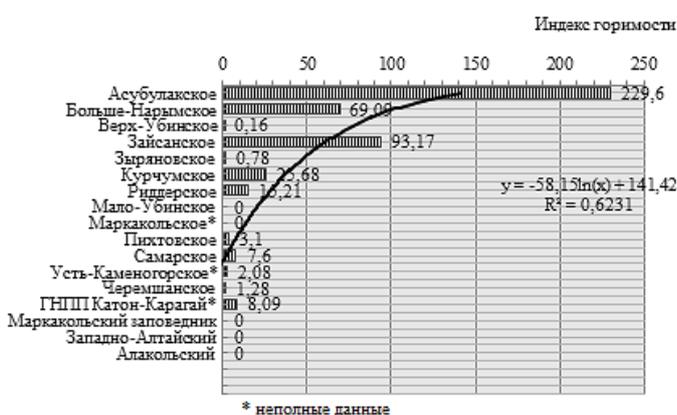


Рис. 1. Горимость горных лесов ВКО по учреждениям за последние 15 лет

В IV группу «Умеренная» включены, КГУ «Зайсанское ЛХ» с показателями 93,17 и КГУ «Больше-Нарымское ЛХ» 69,09. Эти учреждения отделены от других степным пространством и зачастую, именно степные пожары переходят на территорию лесного фонда. На территории КГУ «Зайсанское ЛХ» следует уделять особое внимание возможному возникновению трансграничных пожаров и наиболее агрессивно проводить агитационные кампании в течение всего года, т.к. основными причинами возникновения здесь являются антропогенные - 100 %.

К V группе отнесены КГУ «Курчумское ЛХ» (25,68) и КГУ «Риддерское ЛХ» (15,21), «КГУ «Самарское ЛХ» (7,6) и «КГУ «Усть-Каменогорское ЛХ» (2,08). Хотя цифры индекса горимости в этих учреждениях позволяют их отнести к группе «Низкая», пожары на территориях этих учреждений происходили весьма крупные. Так, например, в 2011 году, на территории КГУ «Риддерское ЛХ», верховой пожар буквально за 2 часа уничтожил почти 300 га реликтового соснового бора. Причём был остановлен примерно в 150 метрах от центральной усадьбы учреждения, к счастью, обошлось без человеческих жертв. Основной причиной лесных пожаров на данной лесной территории является антропогенная - 119 из 120, или 99,16 %. Следует отметить, что при таком количестве загораний, лесная охрана КГУ «Рид-

дерское ЛХ» действует весьма оперативно, средняя площадь одного пожара за исследуемый период здесь составила 6,2 га.

На территории «КГУ «Самарское ЛХ» главной лесообразующей породой является сосна, что и предопределило его высокую пожарную опасность. По итогам 15 летнего периода, от антропогенных факторов здесь произошло 57,8 % (11), а от природных причин 42,2 % (8). В наиболее горимый 1997 год для Казахстанских лесов, из-за нарушения Правил пожарной безопасности, на данной территории только одним пожаром было уничтожено более 11 тыс. га покрытой лесом территории, практически лесничество полностью.

Обычно, из-за небольших запасов ЛГМ, здоровые пихтовые насаждения не столь подвержены низовым пожарам как, например, сосняки, но в последнее время санитарная ситуация в пихтачах черневой тайги Казахстанского Алтая значительно ухудшилась, что соответственно может отрицательно повлиять на их пожароустойчивость. Для изучения санитарного состояния лесов, во время маршрутных обследований были заложены пробные площади, в одинаковых типах леса, пихтачах травяно-папоротниковых. Полученные данные показали, что древостои находятся в спелом возрасте, достаточно продуктивны, санитарное состояние составляет от 2,3 до 3,2 балла (табл. 1). Средний бал равен 2,8, т.е. сильно ослабленные [3].

Таблица 1. Таксационные показатели пихтачей травяно-папоротниковых типов леса

КГУ ЛХ	Бонитет	Класс Крафта	Класс возраста	D, редный	Средняя Н	Сан.с-ние	Повреждения
«Риддерское»	4	1,5	5	30,2	20,2	3,2	25%
«Усть-Каменногоское»	3	1,4	5	32	21	2,5	20%
«Пихтовское»	4	1,9	5	24	18	3,2	31%
«Черемшанское»	3	2,1	3	23,6	19,2	2,3	22%

Такие насаждения представляют повышенную пожарную опасность, т.к. ежегодно здесь происходит увеличение захламлиенности за счёт вновь образовавшегося сухостоя и опада. Из-за ослабленности древостоев происходят частые ветровалы (рис. 2) и вследствие этого, происходит значительное накопление ЛГМ, что усугубляет пожароопасную ситуацию.

Как известно, фракция ЛГМ «хвоя» в своём сухом состоянии быстро загорается и поддерживает горение и, как правило, наиболее повышенное её накопление и запасы преобладают в сосновых древостоях. Обычно, в пихтовых насаждениях хвоя переходит в органику достаточно быстро и соответственно имеет малую долю в общем объёме ЛГМ. Из-за стремительного накопления ЛГМ в последние годы, запас хвои в пихтачах превышает запас в сосняках более чем в 3 раза (рис. 3), что можно считать не вполне нормальным явлением.



Рис. 2. Ветровал КГУ "Черемшанское ЛХ", 2015 г.

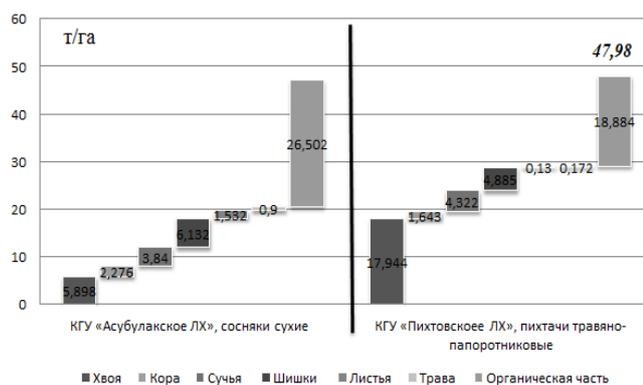


Рис. 3. Соотношение запасов ЛГМ в сосняках и пихтачах.

Для снижения пожарной опасности предлагаем:

- Из-за частых случаев загораний сосняков от грозовых разрядов, с целью повышения быстроты реагирования локализации лесных пожаров, предлагаем на территориях КГУ «Асубулакское ЛХ», «КГУ «Самарское ЛХ» создать службу грозовой пеленгации;
- в пихтовых насаждениях черневой тайги безотлагательно принять меры по нормализации санитарного состояния, а именно провести санитарные рубки и очистку от захламлиенности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основные положения организации и ведения лесного хозяйства Восточно-Казахстанской области (горный регион). – Алматы, 2009. - 363 с.

2. Рекомендации по лесопожарной профилактике и тушению лесных пожаров в зоне наземной охраны лесов Дальнего Востока / *М.А. Шешуков*. – Хабаровск: 1983. – 44 с.
3. Санитарные правила Республики Казахстан 2011. <http://normativ.kz/view/38040/>

СТРУКТУРНЫЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОРЫ ПИХТ В ПЕРВИЧНОМ И ВТОРИЧНОМ АРЕАЛЕ ИНВАЗИЙНОГО ВРЕДИТЕЛЯ – УССУРИЙСКОГО ПОЛИГРАФА

Н.В. АСТРАХАНЦЕВА, А.А. АНИСКИНА, Н.В. ПАШЕНОВА, Ю.Н. БАРАНЧИКОВ

Институт леса им. В.Н. Сукачева ФИЦ КНС СО РАН, Красноярск (astr_nat@mail.ru)

STRUCTURAL AND CHEMICAL PECULIARITIES OF FIR BARK IN PRIMARY AND SECONDARY RANGES OF INVASIVE FOREST PEST – FOUR-EYED FIR BARK BEETLE

N.V. ASTRAKHANTSEVA, A.A. ANICKINA, N.V. PASHENOVA, YU.N. BARANCHIKOV

V.N. Sukachev Institute of Forest FRC KSC SB RAS, Krasnoyarsk (astr_nat@mail.ru)

Проблема устойчивости хвойных пород к нападению насекомых-ксилофагов всегда была на острие внимания лесных энтомологов. Это вполне закономерно, т.к. именно эта группа лесных насекомых (в особенности – короеды) «ответственна» за большую долю отмираемых хвойных древостоев на планете [1]. Так, именно на долю короедов приходится около половины отпада деревьев, произошедшего из-за биотических факторов в Европе в 19-20 веках [6]. Вспышки короедов за первое десятилетие текущего века привели к отмиранию хвойных только в Британской Колумбии (Канада) на территории 5,5 млн гектаров и только на северо-западе США на 5,4 млн гектаров [5].

Принято считать, что большинство агрессивных видов короедов принадлежат к родам *Dendroctonus* и *Ips*. Именно они способны нападать на внешне здоровые деревья и приводить их к гибели [7]. Хозяйственная деятельность человека, часто приводящая к активному перемещению видов, как растений,

Таблица. Относительное содержание (%) терпеновых компонентов смолы в коре пихт белокорой (ПБ) и сибирской (ПС), май – июнь 2013 г.

Компонент	Среднее (n = 10)		Стандартное отклонение	
	ПБ	ПС	ПБ	ПС
b-Phellandrene	33,823	27,463	11,777	5,210
a-Pinene	27,344	25,119	13,056	5,840
b-Pinene*	20,390	14,714	6,455	2,418
Camphene*	0,696	10,328	0,685	6,904
Δ -3-Carene	5,854	6,099	4,752	4,055
Bornylacetate*	0,428	4,569	0,359	2,662
Caryophyllene*	0,304	1,660	0,162	1,097
Tricyclene*	0,066	1,279	0,094	0,923
b-Myrcene*	0,341	1,041	0,207	0,651
a-Caryophyllen*	0,149	0,798	0,101	0,444
Terpinolen	0,585	0,754	0,239	0,210
b-Bisabolene*	0,760	0,457	0,319	0,231
a-Longipinene*	0,606	0,132	0,157	0,112

*Достоверное различие средних показателей между исследуемыми пихтами, по критерию Манна-Уитни, при $P \leq 0,05$. Вещества, различающиеся по содержанию более чем в 10 раз, выделены жирным шрифтом.

и фитофагов, формирует порой местами причудливые сочетания продуцентов и потребителей, позволяющие «индифферентным» в норме видам-пришельцам реализовать свои преадаптации, оказавшись на новых растениях-хозяевах.

Примером подобного, инициированного человеком феномена, можно считать очаги массового размножения в пихтарниках Южной Сибири дальневосточного инвайдера уссурийского полиграфа *Poligraphus proximus* Bland. и ассоциированного с ним фитопатогенного гриба *Grosmannia aoshimae* (Ohtaka et Masuya) Masuya et Yamaoka [2]. В пределах своего изначального ареала тандем полиграф-гросманния никогда агрессивным не был и считался обычным потребителем ослабленных деревьев восточно-азиатских видов пихт. Для поиска возможных механизмов относительной устойчивости основного природного хозяина уссурийского полиграфа на Д. Востоке – пихты белокорой *Abies nephrolepis* Trautv. et Maxim. в сравнении с новым, существенно поражаемым, существом провели сравнительное изучение морфологических, гистологических и биохимических особенностей коры деревьев-хозяев.

Материал был собран в типичных местообитаниях уссурийского полиграфа на Д. Востоке – в ельнике зеленомошном с примесью пихты белокорой на хребте Хехцир близ Хабаровска; именно тут был

зафиксирован максимальный уровень внутривидового генетического полиморфизма вида на континенте [4]. Образцы коры пихты сибирской собраны во вторичном ареале инвазивного вида, в пихтацие разновозрастной в Емельяновском районе Красноярского края.

Выявлены гистологические особенности флоры, которые частично объясняют различия пихты белокорой и сибирской по устойчивости к уссурийскому полиграфу и связанному с ним фитопатогенному грибу *G. aoshimae* [1]. Большая протяженность склеридных групп, их концентрация в средней части слоя флоры и высокая плотность расположения способны затруднить как втачивание полиграфопереносчика в стволы пихты белокорой, так и распространение его фитопатогенного ассоцианта. В то же время, склеридные группы пихты сибирской более короткие, диспергированы по всей толще флоры и поэтому расположены менее плотно. Все это делает пихту сибирскую более доступной для полиграфа и связанных с ним грибов.

Не установлено существенных различий по качественному составу терпенов смолы, содержащейся в здоровых деревьях двух исследуемых видов пихт, но относительное содержание некоторых компонентов различалось. Пихта сибирская в 10 раз и более превосходила пихту белокорую по содержанию камфена, борнилацетата и трициклена. Однако, учитывая низкую устойчивость *A. sibirica* к полиграфу и его фитопатогенному ассоцианту, данные вещества не могут иметь существенные фунгицидные и репеллентные свойства. У пихты белокорой в смоле содержится несколько больше пиненов (особенно β -пинена), висабинена и лонгипинена, чем у пихты сибирской, однако эти различия были незначительны, хотя и достоверно устойчивы.

Анализ литературы и выполненные наблюдения позволили выдвинуть предположение о том, у исследуемых видов пихт существуют различия факторов не только конститутивной, но и индуцированной защиты. А именно, у пихты белокорой на стадии индуцированной защиты, вероятно, в большей мере выражен фенольный синтез, тогда как у пихты сибирской – терпеноидный синтез и накопление смолы. В этом случае, новый хозяин – пихта сибирская не эффективно действует против короеда и фитопатогена, которые длительное время коэволюционировали с пихтой белокорой и адаптированы к «фенольному» типу защиты. Кроме того, более выраженный компонент защитного ответа пихты сибирской – смолотечение, при нападении уссурийского полиграфа становится чрезмерно обильным, что истощает дерево и приводит к быстрому затуханию защитного ответа хозяина.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астраханцева Н.В., Пашенова Н.В., Петько В.М., Баранчиков Ю.Н. Реакция тканей ствола пихты сибирской и пихты белокорой на инокуляцию фитопатогенным грибом *Grosmannia aoshimae* (Ohtaka, Masuya et Yamaoka) Masuya et Yamaoka – ассоциантом уссурийского полиграфа // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. С.-П., 2014. Вып. 207. С. 142-153.
2. Кривец С.А., Керчев И.А., Бисирова Э.М., Пашенова Н.В., Демидко Д.А., Петько В.М., Баранчиков Ю.Н. Уссурийский полиграф в лесах Сибири. Распространение, биология, экология, выявление и обследование поврежденных насаждений. Методическое пособие / под ред. С.А.Кривец и Ю.Н.Баранчикова. Томск-Красноярск: Изд-во «УМИУМ», 2015. 48 с.
3. Aukema J.E., Leung B., Kovacs K., Chivers C., Britton K.O., Englin J., Frankel S.J., Haight R.G., Holmes T.P., Liebhold A.M., McCullough D.G., Von Holle B. Economic impacts of non-native forest insects in the continental United States // PLoS ONE, 2011. V.6(9). P. 1-7. e24587. doi:10.1371/journal.pone.0024587
4. Kononov A., Ustyantsev K., Blinov A., Fet V., Baranchikov Yu. Genetic diversity of aboriginal and invasive populations of four-eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae). Agricultural and Forest Entomology (2016). V. 18. P. 294-301.
5. Meddens A.J.H., Hicke J.A., Ferguson C.A. Spatiotemporal patterns of observed bark beetle-caused tree mortality in British Columbia and the western United States. // Ecol.Appl. 2012. V. 22. P. 1876–1891.
6. Schelhaas M., Nabuurs G., Schuck A. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. Glob.Change Biol , 2003. V.9. P.1620–1633.
7. Vega F.E., Hofstetter R.W. (Eds.). Bark beetles biology and ecology of native and invasive species. Elsevier Inc., USA: 2015. 681 pp.

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 14-04-01235а).

ИНДУКЦИЯ МОРФОГЕННОГО КАЛЛУСА ПИХТЫ СИБИРСКОЙ

Е.В. БАЖИНА, И.Н. ТРЕТЬЯКОВА

Институт леса им В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, (genetics@ksc.krasn.ru)

ABIES SIBIRICA MORPHOGENIC KALLI INDUCTION

YE.V. BAZHINA, I.N. TRETYAKOVA

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (genetics@ksc.krasn.ru)

Плантационное лесовыращивание, основанное на современных биотехнологиях массового размножения, является в настоящее время наиболее перспективным направлением сохранения генофондов растений [8]. Инновационные подходы в сельском и лесном хозяйстве позволяют создать высокоэффективную систему получения устойчивых растений, ускорить селекционный процесс и сохранить ценные генотипы растений. Особенно актуальны исследования по разработке биотехнологии получения соматических зародышей пихты сибирской в связи с ее интенсивным усыханием в лесных экосистемах Сибири [1–2]. Одним из наиболее перспективных методов культивирования хвойных растений *in vitro* является соматический эмбриогенез, который в сочетании с криоконсервацией наиболее широко применяется при плантационном лесовыращивании [7]. В настоящее время разработаны биотехнологии получения растений-регенерантов для некоторых видов рода *Larix*, *Picea*, *Pinus* и *Abies* [4–8].

В работе представлены результаты исследований по разработке биотехнологии микроклонального получения растений-регенерантов пихты сибирской в культуре *in vitro*. Сбор семян проводился в конце июля в низкоромье Восточного Саяна (ФГБУ «Государственный заповедник «Столбы») и Западного Саяна (окрестности пос. Танзыбей). Семена подвергались холодной обработке (11–40 сут.), стерилизовались в растворе Domestos. В стерильных условиях зародыши извлекались из мегагаметофитов и переносились на питательные среды. При введении в культуру зародыши помещались на базовые питательные среды $\frac{1}{2}$ MS, $\frac{1}{2}$ LV, SH и $\frac{1}{2}$ SH, дополненные гормонами 2,4-Д (1 мг/л), БАП (1–2 мг/л), кинетином (0–0,5 мг/л), рСРА (0–2,0 мг/л), а также 20–30 г/л сахарозы, аскорбиновой кислоты (500 мг/л). Кислотность среды была приведена к 5,8 ($\frac{1}{2}$ MS, $\frac{1}{2}$ LV) и 5,9 (SH и $\frac{1}{2}$ SH) до автоклавирования. Для пролиферации применялись среды с пониженным содержанием сахарозы (10–20 г/л). Культивирование осуществлялось в темноте при $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Цитологические исследования каллусной ткани проводили на временных давленных препаратах с помощью микроскопа «Микромед-2», статистическая обработка осуществлялась при помощи пакета анализа Microsoft Excel-2000.

Исследования показали, что оптимальными эксплантами для формирования каллусной массы оказались зиготические семядольные зародыши, достигающие 1/2 длины зародышевого канала. При введении в культуру мегагаметофитов и изолированных зиготических зародышей пихты на ранних стадиях развития (глобулярный эмбрио) индукции каллуса не происходило. Формирование морфогенного каллуса наблюдалось у эксплантов на 11–19 сутки культивирования. Длительность холодной обработки значительно влияла на каллусообразование (рис. 1).

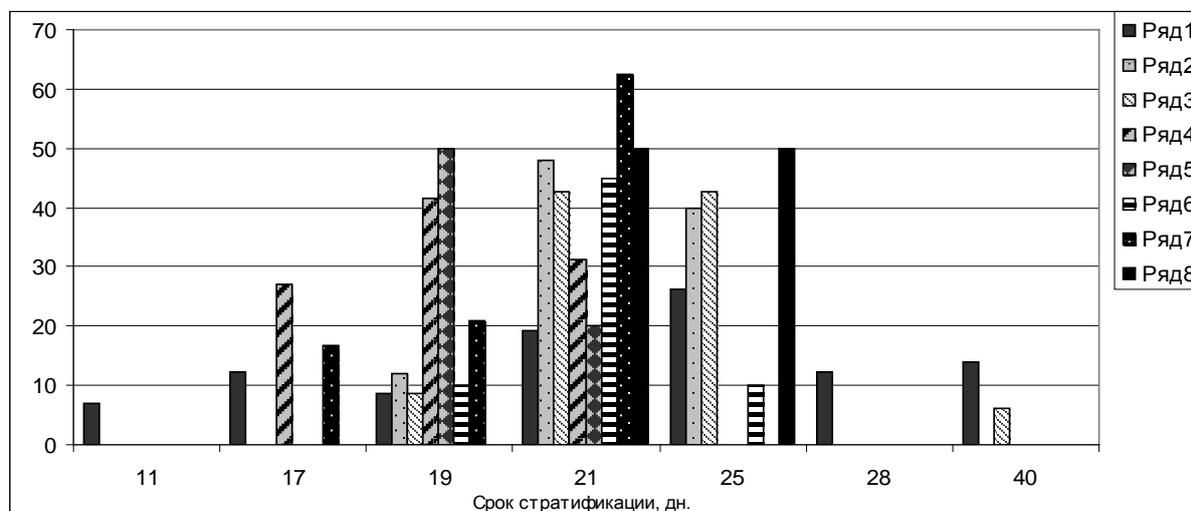
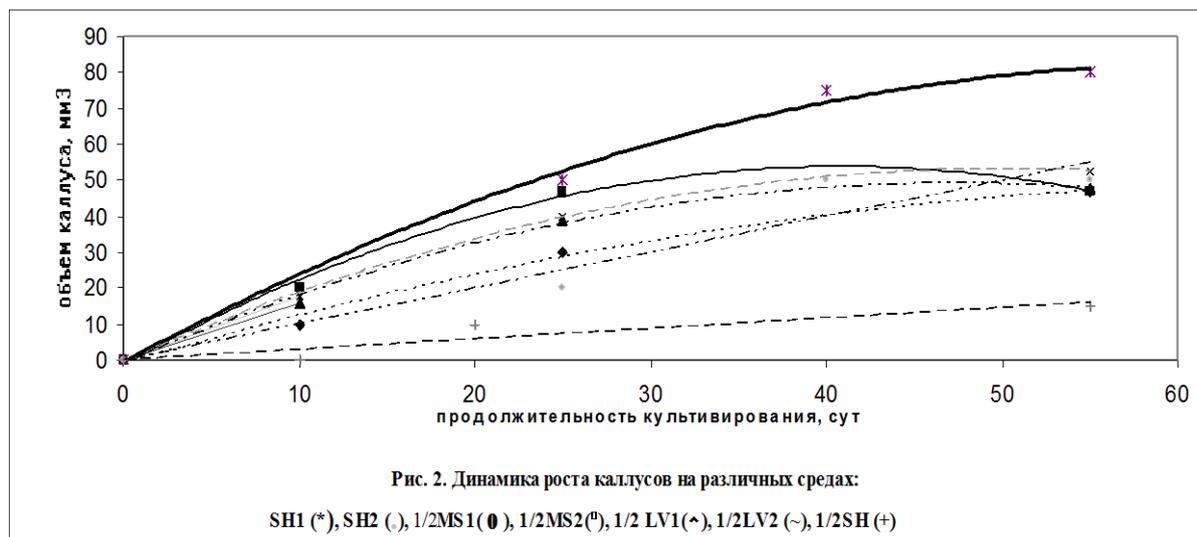


Рис. 1. Инициация каллусов (%) на питательных средах:
ряды: 1-2 - SH, 3-4 - 1/2 LV, 5-6 - 1/2 SH, 7-8 - 1/2 MS

На среде SH1 экспланты стабильно формировали каллусы при 11–40-суточной холодной обработке, максимальная частота (до 48,0%) отмечалась после 21–25 суток. Для образования каллусов на средах 1/2SH, 1/2LV и 1/2 MS требуется период охлаждения от 17 до 25 суток, при этом максимальная частота наблюдалась при обработке семян в течение 19–21 (1/2SH, 1/2LV, SH2) и 21–25 суток (1/2MS).

Наибольшей способностью к пролиферации обладал каллус, полученный на среде SH1 с добавлением 2,4-Д (0,5 мг/л), 6-БАП (1 мг/л) и рСРА (2,0 мг/л), объем которого через два месяца культивирования в 1,6–5,3 раза превышал объем каллусов, полученных на средах SH2, 1/2MS1, 1/2LV и 1/2SH (рис. 2). При дальнейшем культивировании на средах 1/2LV, SH2, 1/2MS1 каллусы погибали. Каллусы, культивируемые на средах SH1 и 1/2MS2, давали стабильный прирост в течение 10-12 месяцев без потери пролиферационной активности.



Таким образом, в результате проведенных экспериментов разработаны биотехнологические приемы инициации и оптимизированы питательные среды для получения морфогенных каллусов пихты сибирской. Для длительной пролиферации в среде необходим кинетин. Эксперименты по инициации соматического эмбриогенеза и получению растений-регенерантов продолжаются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бажина Е.В., Третьякова И.Н. К проблеме усыхания пихтовых лесов // Успехи современной биологии, 2001, 121, 6. С. 626–631.
2. Павлов И.Н., Барабанова О.А., Агеев А.А., Шкуренко А.С., Кулаков С.С., Шпенглер Д.В., Губарев П.В. Основная причина массового усыхания пихтово-кедровых лесов в горах Восточного Саяна – корневые патогены // Хвойные бореальной зоны, 2009, т. XXVI, 1. С. 33–41.
3. Пак М.Э., Иваницкая А.С., Двойнина Л.М., Третьякова И.Н. Эмбриогенный потенциал длительно пролиферирующих клеточных линий *Larix sibirica* Ledeb. in vitro // Сиб. лесн. журн., 2016, 1. С. 27–38.
4. Третьякова И.Н., Барсукова И.Н. Сохранение генофондов хвойных видов Сибири при помощи соматического эмбриогенеза in vitro – современного метода биотехнологии // Хвойные бореальной зоны, 2010, XXVII, 1–2. С. 203–205.
5. Klimaszewska K. Plantlet development from immature zygotic embryos of hybrid larch through somatic embryogenesis // Plant Sci., 1989, 63. P. 95–103.
6. Lelu-Walter M.-A., Pâques L. Simplified and improved somatic embryogenesis of hybrid larches (*Larix x eurolepis* and *Larix x marschlinsii*). Perspectives for breeding //Annals of For. Sci., 2009, 66: 1–104.
7. Park Y.-S., Lelu-Walter M.A., Harrengt L., Trontin J.F., McEacheron I., Klimaszewska K., Bonga J.M. Initiation of somatic embryogenesis in *Pinus banksiana*, *P. strobus* and *P. sylvestris* at three laboratories in Canada and France // Plant Cell Tissue Organ Cult., 2006, 86: 87–101.
8. Tremblay F.M. Somatic embryogenesis and plantlet regeneration from embryos isolated from stored seeds of *Picea glauca* // Can. J. Bot., 1990, 68: 236–242.

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 11-04-00281).

ЭРУПТИВНЫЕ НАСЕКОМЫЕ-ФИЛЛОФАГИ НЕ ЯВЛЯЮТСЯ «ЭКОСИСТЕМНЫМИ ИНЖЕНЕРАМИ». ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ

Ю.Н. БАРАНЧИКОВ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (baranchikov-yuri@yandex.ru)

ERRUPTIVE PHYLLOPHAGOUS INSECTS ARE NOT «ECOSYSTEM ENGINEERS». BY DEFINITION

YU.N. BARANCHIKOV

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (baranchikov-yuri@yandex.ru)

Живые организмы могут оказывать решающее воздействие на физические и химические процессы окружающей их среды – это утверждение давно стало постулатом экологии. Однако если каждый организм как-то влияет на среду просто фактом своего существования (с неизбежным потреблением энергии и/или вещества и выделением продуктов жизнедеятельности), то некоторые живые существа активно модифицируют свое местообитание, создавая некие новые физические реальности, которые, в свою очередь, способствуют созданию новых экологических ниш для других организмов. Именно этой стороне функционирования биоты была посвящена концепция «экосистемного инжиниринга» (ecosystem engineering), предложенная Клайвом Джонсоном и соавторами в 1994 г. [9]. Этот подход оказался востребованным: только за 10 последующих лет работа [9] была процитирована около 500 раз в ведущих мировых изданиях [14], и по сей день термин «ecosystem engineers» крайне популярен (поисковая система google.com дает более 50 млн ссылок!).

Классические примеры «экосистемных инженеров» связаны, например, с такими организмами, как бобры, моллюски коралловых рифов, гоферы, дождевые черви и пр. Среди насекомых это термиты, некоторые виды муравьев, галлообразователи, минеры, различные листоверты [11, 13]. Мы склонны отнести к «экосистемным инженерам» также короедов: к примеру, инвазийный дальневосточный прищелец в сибирские пихтачи – уссурийский полиграф *Polygraphus proximus* Bandford, – проделывая под корой кормовых растений галереи, не только заселяет их комплексом ассоциированных с ним дальневосточных же грибов, но и создает новую экологическую нишу для многих обитателей подкорового пространства: от клещей и нематод до ранее не свойственного короедом местного фитопатогенного гриба *Leptographium sibirica* [1, 4]. Интересно, что ни авторы термина, ни авторы обзоров не приводят в качестве примеров представителей «экосистемного инжиниринга» эруптивных листо- или хвоегрызов. Причина вовсе не в отсутствии личного опыта авторов (один из них – сэр Джон Лаутон – всемирно известный британский энтомолог [9, 12]). По их мнению, вспышка размножения дефолиаторов – это процесс, не выходящий за пределы рутинных трофических взаимоотношений эруптивных видов с растением-хозяином, и никаких новых физических данностей при этом не создается. Так, в качестве «неинженера» напрямую указывается непарный шелкопряд [8]. В специальной монографии 2007 г. «Экосистемные инженеры: от растений до простейших» («Академик Пресс», США) подробно анализируются терминологические трудности и заблуждения [7].

Еще в 2006 г. авторы термина предостерегали от слишком широкого его использования, выходящего далеко за пределы их определения, что неизбежно приведет, по их словам, к «жаргонному расплыванию» (jargon creep) и в результате к бесполезности термина в связи с потерей его изначального смысла [14]. К сожалению, в отечественной литературе под термином «экосистемные инженеры» зачастую понимают все что угодно, трактуя его, например, как синоним «видов-эдификаторов», «ключевых видов» и др. [5, с. 16; 6, с. 370]. Неудивительно в связи с этим, что и лесные энтомологи также стали применять этот «звонкий» термин совершенно не к месту, относя к «экосистемным инженерам», например, сосновую пяденицу [2, 3].

Этой заметкой мы хотим призвать читателей к более тщательному использованию экологических терминов, а начинающих исследователей – к критическому восприятию публикаций своих старших коллег и непременно знакомству с первоисточниками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кривец С.А., Керчев И.А., Бисирова Э.М., Пашенова Н.В., Демидко Д.А., Петько В.М., Баранчиков Ю.Н. Уссурийский полиграф в лесах Сибири. Распространение, биология, экология, выявление и обследование поврежденных насаждений. Метод. пособие / под ред. С.А. Кривец и Ю.Н. Баранчикова. Томск – Красноярск: Изд-во «УМИ-УМ», 2015. 48 с.
2. Пальникова Е.Н., Ягунов М.Н., Суховольский В.Г. Насекомые как экосистемные инженеры. I. Воздействие насекомых на лес и восстановление деревьев после повреждений // Хвойные бореальной зоны, 2015, т. 33, № 3–4. С. 142–147.

3. Пальникова Е.Н., Сви́дерская И.В., Тарасова О.В., Ягунов М.Н., Суховольский В.Г. Лесные насекомые как экологические инженеры: оценка воздействия на лесные экосистемы // Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения. Матер. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, 19–22 сентября 2016 г., Красноярск. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2016. С. 147–148.
4. Пашенова Н.В., Баранчиков Ю.Н. К идентификации *Grosmannia aoshimae* – специфичного грибного ассоцианта уссурийского полиграфа // Вестник Московского университета леса. Лесной вестник, 2013, № 6. С. 106–112.
5. Смирнова О.В. Методология исследования экосистем с популяционных позиций // Известия Пензенского гос. пед ун-та, естественные науки, 2011, № 25. С. 15–21.
6. Смирнова О.В., Заугольнова Л.Б., Коротков В.Н. Теоретические основы оптимизации функции биоразнообразия лесного покрова (синтез современных представлений) // Лесоведение, 2015, № 5. С. 367–378.
7. Cuddington K., Byers J.E., Wilson W.G., Hastings A. (eds.). Ecosystem engineers: plants to protists. Academic Press/Elsevier, USA, 2007. 430 p.
8. Jones C.G., Gutiérrez, J.L. On the meaning, usage and purpose of the physical ecosystem engineering concept // Cuddington K. et al. (eds.). Ecosystem Engineers: Plants to Protists. Academic Press/Elsevier, USA, 2007. Pp. 3–24.
9. Jones C.G., Lawton J.H., Shachak M. Organisms as ecosystem engineers // Oikos, 1994, v. 69. Pp. 373–386.
10. Jones C.G., Lawton J.H. Linking species and ecosystems. New York: Chapman and Hall, 1995. 400 p.
11. Romero G.Q., Gonçalves-Souza T., Vieira C., Koricheva J. Ecosystem engineering effects on species diversity across ecosystems: A Meta-analysis // Biological Reviews, 2015, v. 90. Pp. 877–890.
12. Strong D.R., Lawton J.H., Southwood R. Insects on plants: community patterns and mechanisms. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1984. 350 p.
13. Vieira C., Romero G.Q. Ecosystem engineers on plants: indirect facilitation of arthropod communities by leaf-rollers at different scales // Ecology, 2013, vol. 94, № 7. Pp. 1510–1518.
14. Wright J.P., Jones C.G. The concept of organisms as ecosystem engineers ten years on: progress, limitations, and challenges // BioScience, 2006, v. 56. Pp. 203–209.

БЛАГОДАРНОСТИ: работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант 14-04-01235а).

НА ЗАПАД ПОЕХАЛ ОДИН ИЗ НИХ, А НА ВОСТОК – ДРУГОЙ? ИНВАЗИЙНЫЕ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЕ КОНСУМЕНТЫ ЯСЕНЯ В ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Ю.Н. БАРАНЧИКОВ¹, Д.А. ДЕМИДКО¹, В.Б. ЗВЯГИНЦЕВ², Л.Г. СЕРАЯ³, А.В. ЯРУК²

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, baranchikov-yuri@yandex.ru

²Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь

³Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Б. Вяземы, Московская Область

DID ONE OF THEM MOVE WESTWARDS, WHILE ANOTHER – EASTWARDS? INVASIVE FAR EASTERN ASH CONSUMERS IN EUROPEAN PART OF RUSSIA

YU.N. BARANCHIKOV¹, D.A. DEMIDKO¹, V.B. ZVYAGINTSEV², L.G. SERAYA³, A.V. YARUK²

¹V.N. Sukachev Institute of forest FRS KSC SB RAS, Krasnoyarsk, baranchikov-yuri@yandex.ru

²Byelorussian state technological university, Minsk, Byelorussia

³All-Russian research institute of plant pathology, B. Vyazemy Moscow District

Настоящее сообщение продолжает серию публикаций международной группы исследователей – лесных энтомологов, фитопатологов и генетиков из России и Беларуси по распространению, изменчивости и экологии дальневосточных инвазийных пришельцев – консументов ясеня в Западной Палеарктике: ясеновой узкотелой златки *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera, Buprestidae) и возбудителя инфекционного некроза ветвей ясеня аскомицета *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz, Hosoya. Считается, что златка была завезена в Москву в девяностые годы прошлого века и распространяется теперь в основном в сторону Центральной Европы [5, 6], в то время как гриб из Европы движется на восток [6, 8]. Результаты совместных экспедиций 2016-го года позволили пролить свет на ранее неизвестные факты распространения и взаимоотношения этих двух безобидных у себя на родине консументов дальневосточных ясеней. Данная заметка посвящена, в основном, ситуации в г. Воронеже.

Впервые златку в Воронеже обнаружила М.Я Орлова-Беньковская в 2013 году в ходе своего путешествия по центральной России. Вредитель был отмечен ею лишь в одном месте: близ Дома культуры им. Коминтерна (Московский проспект дом 9) [3]; к сожалению, автор не указала, какие места еще она обследовала в городе. Следы златки остались в этом местообитании до 2015 года и были еще раз отмечены А.Г. Блюммером в его краткой заметке [1]. В последней автор указал 8 других мест в городе, где златка им отмечена не была и в целом общая ситуация, по его мнению, выглядела вполне умиротворенно: златка в городе есть, но популяция разреженная и повреждения находятся с трудом. Наше краткое обследование города 6–8 июля 2016 года выявило катастрофическую ситуацию с ясенями в Воронеже: мы с трудом смогли найти несколько деревьев ясеня без усыхающей вершины и без следов ясеновой златки. Сухие вершины деревьев можно увидеть на каждой улице, где растет ясень. Так, в центральной части Воронежа, в парке Орленок множество деревьев было вырублено, но оставшиеся также погибли или были близки к этому; погибают ясени вокруг ограды Благовещенского собора (как минимум по ул. Энгельса, Феоктистова и Чайковского); поражен почти весь Московский проспект (наверняка – от пересечения с бульваром Победы до центра города), параллельная ему ул. Солнечная и перпендикулярные ему крупные улицы Хользунова, Лидии Рябцевой, Урицкого, Электросигнальная (рис.), обширное Коминтерновское кладбище. Усыхают ясени и в северной части города (Ломоносовский сквер, близ Воскресенской церкви в начале ул. Ломоносова) и в его западной части (между ул. Путиловской и железной дорогой).

В отличие от Москвы и Московской области, где очаги златки по необъяснимым пока причинам в настоящее время затихли, в Воронеже вредитель многочислен. Так, практически повсеместно мы наблюдали свежие (с ярко-желтыми стенками) выходные отверстия жуков. Приблизительно в 10% отверстий просматривались выходящие наружу жуки (рис., В). Одновременно при вскрытии стволов обнаруживались живые личинки златки III и IV возрастов (со средней длиной урогомфа, соответственно, 0,59 и 0,96 мм), что свидетельствует о двухгодичном сроке развития вредителя в Воронеже [7].

Ситуация усугубляется нахождением в Воронеже возбудителя халарового некроза ясеней – гриба *H. fraxineus*. Этот восточноазиатский гриб в настоящее время является основным патогеном ясеней в Центральной и Западной Европе. Обнаруженный впервые на территории Польши в 1992 году, патоген быстро распространился в насаждениях 25 европейских стран. В 2011 году патоген найден в Санкт-Петербурге и окрестностях, в 2014 году – в Москве [2, 6]. Результаты наших исследований, подкрепленные генетическим анализом образцов, говорят о гораздо более широком распространении *H. fraxineus* по территории европейской части России. Так, он оказался обычным в Воронеже и Воронежской области (например, в Теллерманновском лесничестве [4]). В самом Воронеже, на фоне повсеместного распространения златки, трудно оценить вклад патогена в отмирание ясеней. Типичные поражения побегов обычны на молодой (старше 3-х лет) поросли у основания отмирающих от златки ясеней (рис.). Очистка

стволов от поросли на центральных улицах, несомненно, уменьшает потенциальный кормовой ресурс патогена, однако одновременно ускоряет полное отмирание ясеней с обработанной златкой кроной.

До настоящего времени остается загадкой происхождение первичного очага *H. fraxineus* на территории Польши, откуда, как считается, он и начал свое победоносное шествие по Европе [8]. Однако, выявление неожиданно широкой распространенности этого патогена по Европейской части России подка-



Рис. Погибающий ясень пеннсильванский в г. Воронеж (ул. Электросигнальная, 7 июля 2016 г.) А – водяные побеги и комлевая поросль у погибающего ясеня; В – жук златки перед вылетом из ствола; С – побег, пораженный халаровым некрозом.

зывает вероятность другого сценария. Мы полагаем, что начальным плацдармом для развертывания вторичного ареала возбудителя халарового некроза ясеней в Европе послужила все же территория России. По-видимому, гриб был занесен сюда намного раньше ясеневой узкотелой златки, не позднее восьмидесятых годов прошлого столетия, сумев к настоящему времени, как свидетельствуют наши, пока не опубликованные данные, заселить практически всю территорию, занятую видами рода *Fraxinus*, как аборигенными, так и интродуцированными. Ближайшая задача заключается в ответе на вопрос: почему даже в российских регионах вторичного ареала гриба, где златка пока отсутствует, халаровый некроз не вызывает столь катастрофического воздействия на ясеневые насаждения, как это имеет место в Западной Европе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блюммер А.Г. Некоторые итоги поиска ясеневой изумрудной узкотелой златки (*Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888) в г. Воронеже и Воронежской области в 2011-2015 гг. // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Москва, 18-22 апреля 2016 г. / Ю.Н. Баранчиков (ред.). Красноярск: ИЛ СО РАН, 2016. С.33-34.
2. Звягинцев В. Б., Баранов О. Ю., Пантелеев С. В. Распространенность некроза ветвей ясеня, вызванного инвазивным микопатогеном *Hymenoscyphus fraxineus* Baral et al., в Подмоскowie и вдоль автотрассы М1 // Проблемы лесной фитопатологии и микологии. Материалы IX международной конференции. Белорусский государственный технологический университет, Минск, 2015. С. 87-89.
3. Орлова-Беньковская М.Я. Резкое расширение ареала вредителя ясеня *Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888 (Coleoptera: Buprestidae) в европейской России // Энтомологическое обозрение, 2013. Т. 92, вып. 4. С.710-715.
4. Стороженко В.Г., Баранчиков Ю.Н., Серая Л.Г., Чеботарёва В.В., Чеботарёв П.А., Ярук А.В., Звягинцев В.Б. Особенности плодоношения *Hymenoscyphus fraxineus* в лесах Минской возвышенности и Среднерусской лесостепи // Биология, систематика и экология грибов и лишайников в природных экосистемах и агрофитоценозах. Материалы II Международной конференции (20-23 сентября 2016 г., Беловежская пуца). Минск: 2016. (В печати).
5. Haack R.A., Baranchikov Yu., Bauer L. S., Poland T.M. Emerald ash borer biology and invasion history // R. Van Driesche, J. Duan, K. Abell, L. Bauer and J. Gould, Biology and control of emerald ash borer. FHET-2014-09, USDA Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team: Morgantown, 2015. P. 1-13.
6. Musolin D.L., Selikhovkin A.V. Shabunin D.A., Zviagintsev V.B., Baranchikov Y.N. Between ash dieback and emerald ash borer: two Asian invaders in Russia and future of ashes in Europe // Baltic Forestry, 2016 (в печати).
7. Orlova-Bienkowskaja M.J., Bienkowski A.O. The life cycle of the emerald ash borer *Agrilus planipennis* in European Russia and comparisons with its life cycles in Asia and North America. // Agricultural and Forest Entomology, 2016. V.18, N 2. P. 182-188.
8. Timmermann V., Børja I., Hietala A.M., Kirisits T., Solheim H. Ash dieback: pathogen spread and diurnal patterns of ascospore dispersal, with special emphasis on Norway. // EPPO Bulletin, 2011. V. 41. P. 14-20.

БЛАГОДАРНОСТИ: работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант 14-04-01235а).

POST-FIRE RECRUITMENT FAILURE IN FORESTS OF SOUTHERN SIBERIA

K. BARRETT

Geography Department, University of Leicester, Leicester, UK

НЕУДАЧА ПОСЛЕПОЖАРНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ В ЛЕСАХ ЮЖНОЙ СИБИРИ

К. БАРРЕТТ

Географический факультет, Университет Лейчестера, Leicester, UK

SUMMARY. This abstract describes the foundations of new research on recruitment failure as a result of fire in Southern Siberia. The research will be carried out by the University of Leicester and Durham University in the UK, based on data collected in collaboration with the V. N. Sukachev Institute in Russia. The study is funded by the UK Natural Environmental Research Council, and will be carried out in the Zabaikalye region between 2016 and 2020, using a combination of field observations, remotely sensed data, and a model of land-atmosphere interactions.

Forest loss due to the failure of new trees to become established post-fire (recruitment failure, or RF) occurs in boreal forests in Eurasia [1] and North America [2] often after multiple fires within a short time interval (< 10 years). Such a short fire return interval has been observed in 20% of the landscape in this study region, Zabaikalye, in southern Siberia (unpublished data). The existence of ecological thresholds, or “tipping points” that cause abrupt ecological shifts, is well-known in ecosystems theory [3, 4], but where and when ecosystems are approaching such dramatic changes is difficult to predict [5]. RF areas in Siberia are dominated by grass and are similar to steppe vegetation [1]. Such a transition from forest to steppe is consistent with predicted changes in vegetation composition in response to regional climate change [6], and is consistent with global observations of forest loss in response to climate [7]. Preliminary analyses of these sites indicate causes related to changing fire regimes effected by climate.

Firstly, although vegetation indices have been used to identify forest loss, there is currently no rigorous method to detect RF using remotely sensed data. RF produces a unique signature that can be detected remotely. The total area affected by RF in Eurasia and North America is at present unknown. We have developed preliminary methods to differentiate between successful recovery from fire and RF using remotely-sensed vegetation indices. We plan to develop these methods, including an automated approach to detect RF. The lengthening satellite data record permits a vital new focus on climate change impacts on boreal forests (the largest terrestrial biome) and potential feedbacks to regional and global climate. Remotely sensed imagery to date has yielded “snapshots” of ecosystems and disturbance events. With more than a decade of daily imagery from the MODIS sensors, we can begin to monitor processes such as disturbance-recovery cycles. This new continuous perspective is vitally important to the study of climate-ecosystem interactions and climatic “tipping points”.

Secondly, the causes of RF have not been identified. RF has been observed in areas of Siberia where the length of time between fire disturbances was extremely short. Initial field observations of RF sites indicate that high soil temperature and low moisture create a seedbed unsuitable for recruitment of trees following a fire. Additional field data are required to create an explanatory model of RF that includes characteristics of the fire (such as intensity and fire weather), pre-fire vegetation (e.g., stand age and density), and post-fire environment (e.g., soil temperature and moisture).

Finally, the effect of RF on carbon, water and energy fluxes that impact climate has not been quantified. Fire-driven boreal vegetation changes have significant consequences for climate [8]. The replacement of forests with steppe vegetation results in carbon losses to the atmosphere from combustion and post-fire decomposition. The radiative forcing of RF is presently unknown. Albedo is initially low following a fire and then may become higher due to the higher albedo of replacement vegetation. Changes in evapotranspiration rates affect latent and sensible heat fluxes. Preliminary model results show substantial differences between forest and proxy RF sites. The area of RF is likely to grow in response to increasing fire frequency and severity, but the dynamics of recovery from wildfire and RF have not been incorporated into any coupled climate-vegetation models.

Three hypotheses, outlined below, will be tested in the context of the study:

H1. *Multiple fires in succession are most likely to cause an abrupt ecological shift (RF) when (i) the time between fires is short, and (ii) the severity of the fires is high.* The spatial and temporal characteristics of RF must be well-understood if these are to be incorporated with ecosystem and climate models. Both frequency and severity can effect rapid ecosystem re-organisation post-fire [1, 2, 3], although RF specifically has not yet been linked with fire severity. The effects of high fire severity are similar to those of fire events that happen in rapid succession, and it is therefore likely that severity is another factor that influences RF. We hypothesise that fire frequency is the dominant driver of RF in the Siberian boreal forest, and that fire severity has an additional role in creating a post-fire environment unable to support self-replacement.

To test this hypothesis, we will first determine the spatial variability in burn frequency and severity using remotely sensed data. Then we will identify areas where post-fire RF has occurred in the region. Finally, we will determine the relative impact of fire severity versus fire frequency on RF using a combination of remotely sensed and *in situ* data.

H2. *Weather conditions preceding a fire are more conducive to abrupt ecological shifts than site characteristics such as topography or vegetation type.* The factors that influence post-fire recruitment reflect (i) the context in which the disturbance occurs or (ii) the characteristics of the disturbance event itself. The first group of factors is sometimes referred to as constraints, and these do not vary over the scale of the analysis (e.g., topography, vegetation cover). The latter group consists of the mechanisms of disturbance (e.g., weather), which can be highly variable [8]. The question of which type of factors is most influential is highly relevant in the context of climate change, which has a more immediate effect on disturbance events than the context in which they occur. Disturbance context has been found to be more important in determining fire severity [9], whereas fire and weather related variables are more closely associated with burned area. It is likely, therefore, that mechanisms such as fire weather (e.g., Nesterov Index and Canadian fire weather indices) are more directly responsible for RF, and that the extent of RF will increase with predicted changes in climate.

To test our second hypothesis, we will evaluate the site characteristics of the most recent burn *in situ* (and previous burns where possible) for sites exhibiting normal recovery versus areas characterised by RF. We will quantify the contribution of explanatory variables related to (i) the context in which wildfire disturbance and RF occur versus (ii) the conditions of the disturbance event itself.

H3. *Abrupt ecological shifts in the Siberian boreal forest following wildfire disturbance create positive feedbacks to regional climate warming through decreases in evapotranspiration, latent heat and terrestrial carbon storage, offset but not reversed by an increase in surface albedo.* Several changes in ecosystem structure and function must be considered to determine the likely impact of RF on climate. Albedo is first reduced by char and exposed, wet soils but quickly recovers and is likely to be higher in RF than areas that recover normally because grassland ecosystems reflect more visible and near infrared energy than deciduous or coniferous forests. However, grasses often have less access to soil water which limits evapotranspiration, reducing the evaporative cooling of the surface. Carbon storage is substantially lower in the grassland ecosystems that result from RF, due to the reduction in aboveground biomass but more importantly the loss of major soil carbon stores through combustion and post-fire decomposition. The loss of large amounts of carbon through fire and increased decomposition, with very little sequestered by replacement vegetation, is therefore hypothesised to have a greater radiative forcing than increases in reflected solar radiation.

Our third hypothesis will be tested using field observations of ecosystem energy and water fluxes from undisturbed boreal forest sites in Siberia, as well as nearby steppe ecosystems (as a proxy for RF sites) and across a time series of sites recovering normally from wildfire disturbance. Additional field observations will be used to develop an observation-based comparison of the ecosystem carbon cycle in undisturbed boreal forest sites versus RF sites. These data will be included in a model of land-atmosphere interactions (JULES) to evaluate the the land surface conditions and ecosystem greenhouse gas fluxes from RF from 1990-2013 [10,11] as well as for selected IPCC RCP climate scenarios to determine feedbacks to regional and global climate.

This study will improve our understanding of benefits to human society from natural resources and ecosystem services, the resilience to environmental hazards, and management of environmental change. The research addresses key uncertainties in the feedbacks between a changing fire regime and vegetation composition in Southern Siberia. An explanatory model of recruitment failure and a model of resulting land-atmosphere exchanges will allow us to anticipate the consequences of future changes to the fire regime. The outputs from this analysis will permit more sophisticated modelling of vegetation and fire dynamics and resulting feedbacks to climate. The results of the study will be directly useful to fire scientists, foresters, and conservation agencies.

LITERATURE

1. *Kukavskaya E.A., Buryak L.V., Ivanova G.A., Conard S.G., Kalenskaya O.P., Zhila S.V., McRae D.J.* Influence of Logging on the Effects of Wildfire in Siberia // *Env. Res. Let.*, 2012, 8 (4), 045034.
2. *Brown C.D., Johnstone J.F.* Once burned, twice shy: Repeat fires reduce seed availability and alter substrate constraints on *Picea mariana* regeneration // *For. Ecol. and Man.*, 2012, 266: 34–41.
3. *Mayer A.L., Khalyani A.H.* Grass Trumps Trees with Fire // *Science*, 334 (6053): 188–189.
4. *Lenton T.M.* 2011. Early warning of climate tipping points // *Nature Clim. Ch.*, 2011, 1 (4): 201–209.
5. *Scheffer M., Carpenter S., Foley J.A., Folke C., Walker B.* Catastrophic shifts in ecosystems // *Nature*, 2001, 413 (6856): 591–6.
6. *Tchebakova N.M., Parfenova E.I., Soja A.* Potential climate-induced vegetation change in Siberia in the Twenty-First Century // In: *Environmental Change in Siberia*, 2010. Pp. 67–82. Springer Netherlands.
7. *Zhu K., Woodall C.W., Clark J.S.* Failure to migrate: lack of tree range expansion in response to climate change // *Glob. Ch. Bio.*, 2012, 18 (3): 1042–1052.
8. *Randerson J.T., Liu H., Flanner M.G., Chambers S.D., Jin Y., Hess P.G., Pfister G., Mack M.C., Treseder K.K., Welp L.R., and Chapin F.S.* The impact of boreal forest fire on climate warming // *Science*, 2006, 2006314 (5802): 1130–1132.

9. Barrett K., McGuire A.D., Hoy E.E., Kasischke E.S. Potential shifts in dominant forest cover in interior Alaska driven by variations in fire severity // *Eco. Appl.*, 2011, 21 (7): 2380–96.
10. Best M.J., Pryor M., Clark D.B., Rooney G.G., Essery R., Ménard C.B., Edwards J.M., Hendry M.A., Porson A., Gedney N., Mercado L.M. The Joint UK Land Environment Simulator (JULES), model description–Part 1: energy and water fluxes // *Geosci. Model Dev.*, 2011, 4 (3): 677–699.
11. Clark D.B., Mercado L.M., Sitch S., Jones C.D., Gedney N., Best M.J., Pryor M., Rooney G.G., Essery R.L.H., Blyth E., Boucher O. The Joint UK Land Environment Simulator (JULES), model description–Part 2: carbon fluxes and vegetation dynamics // *Geosci. Model Dev.*, 2011, 4 (3): 701–722.

БЕСКОЛЮЧАЯ ФОРМА ОБЛЕПИХИ КРУШИНОВИДНОЙ В ПРИИССЫККУЛЬЕ

Ш.Б. БИКИРОВ

Институт леса им. П.А. Гана Национальной академии наук Кыргызской Республики (bikirovs@mail.ru)

THORNLESS FORM OF SEA BUCKTHORN IN THE ISSYK-KUL REGION

SH.B. BIKIROV

P.A. Gan Forest Institute of National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic (bikirovs@mail.ru)

В предгорных зонах, вдоль пойм рек и всего побережья озера Иссык-Куль образовались заросли облепихи, которые всегда служили местом выпаса скота и источником топлива. Следует отметить, что расположенные ближе к населенным пунктам заросли облепихи интенсивно использовались местным населением в качестве топлива, и некоторые участки полностью сведены. Были случаи, когда их поджигали, чтобы на этом месте образовались сенокосные угодья и пастбища. В настоящее время, по неполным данным, в Иссык-Кульской области дикие заросли облепихи также занимают значительную территорию (около 3 тыс. га.) и являются наиболее крупными растительными массивами в Кыргызстане. Здесь облепиха произрастает в поймах крупных рек Тюп, Джергалан, Чуй, Аксу-Арашан, Каракол, Жети-Огуз, вдоль всех горных ручьев и рек, выпадающих в озеро Иссык-Куль, а также по побережью оз. Иссык-Куль и в прилегающих к нему зонах [1].

По данным Л.С. Сагалакова и Л.К. Бардонова [2] (согласно И.И. Шмальгаузену, 1940), облепиха имеет восточноазиатское происхождение. Место ее появления – побережье моря Тетис (пустыня Гоби). Расселение облепихи пошло от восточных окраин пустыни Гоби, что согласуется с направлением отступления моря Тетис. Это расселение пошло в двух направлениях: северный путь – Саяны, Алтай, Тянь-Шань, Памир, южный путь – Наньшань, Тибет, Гималаи, Памир, Кавказ, Балканы, Альпы, Пиренеи, атлантическое побережье. Известно, что исходные формы облепихи – древовидные, высокорослые, с неоключенными побегами, а сейчас наиболее эволюционно продвинутыми формами являются низкорослые кустарники с неоключенными побегами. Если учесть, что в исходных и в других субтропических районах произрастания облепихи имеются высокорослые (до 18 м) и карликовые (в Тибете, высокогорьях Тянь-Шаня, Памира, Саянах) формы, то можно полагать, что все известные фенотипические «региональные» признаки облепихи – это варианты генотипической основы [2, с. 212]. К примеру, как пишет Е.Ю. Тагаева [3], карликовая бесколючая тибетская облепиха, растущая в условиях северо-запада России, приобретает форму высокорослого сильнооключенного кустарника. Таким образом, в образовании фенотипа играет роль не только генотип, но и такой фактор, как внешняя среда, то есть особи, однородные генотипически, могут быть несхожи фенотипически, если они развиваются в разных условиях среды.

Иссык-Кульская котловина – наиболее обширный и крупный район естественного произрастания облепихи крушиновидной в Кыргызстане, который, возможно, имеет промышленное значение. При обследовании на побережье озера Иссык-Куль обнаружены почти не имеющие колючек формы. При этом по форме и размерам плодов особых отличий от колючих форм не наблюдается. Возраст отобранных бесколючих форм колеблется от 5 до 15 лет, высота кустов – от 2,5 до 3,5 м, а диаметр от 5 до 12 см. Кроны компактные, средней густоты, от 2 до 4,0 м в диаметре. Урожайность отобранных форм довольно высокая и составляет от 2,5 до 7,0 кг. Плоды имеют оранжевую, золотисто-желтую и красную окраску. Масса плодов – от 20 до 40 г. Выход плодового сока – в пределах 90–95%. Выход семян – в пределах 2–7%. Среди отобранных форм встречаются особи с сухим отрывом плодов, достигающим 100%. Плодоножки средней величины, от 2,0 до 5,0 мм. В разновозрастных зарослях в плодоношении принимают участие кусты в возрасте 3–5 лет. Урожайность в целом зависит от биологических особенностей индивидуумов, климатических условий, опыления и накопления питательных веществ в генеративных органах в неурожайные годы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бикиров Ш.Б., Жумадылов А.Т. Отбор хозяйственно ценных форм облепихи для создания маточных и промышленных плантаций в Прииссыккулье. Отпечатано в типографии КРСУ, Бишкек, 2014. 172 с.
2. Сагалакова Л.С., Бардонова Л.К. Генотип и фенотипическая изменчивость облепихи крушиновой Байкальской Сибири. Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 2011. С. 212–220.
3. Тагаева Е.Ю. Эколого-биологические особенности восточносаянских популяций облепихи: дис. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2005. 124 с.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЛЕСОВ В КЫРГЫЗСТАНЕ

Ш.Б. БИКИРОВ, Н.К. УМЕТАЛИЕВА, Н.И. КАРИМОВ

Институт леса им. П.А. Гана Национальной академии наук Кыргызской Республики (bikirovs@mail.ru)

INTENSIFICATION AND RESTORATION IN FOREST DEGRADATION OF KYRGYZSTAN

SH.B. BIKIROV, N.K. UMETALIEVA, N.I. KARIMOV

P.A. Gan Forest Institute of National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic (bikirovs@mail.ru)

Лесные массивы Кыргызстана являются своего рода аккумуляторами влаги. Произрастая по склонам гор, они способствуют предотвращению селевых потоков, препятствуют образованию в горах оползней и снежных лавин, регулируют расходы воды в реках, делая их более равномерными в течение года. Поэтому вряд ли можно переоценить значение этих лесов для народного хозяйства Средней Азии, где земледелие основано на орошении. Лесное хозяйство республики на данном этапе сталкивается с необходимостью решать взаимосвязанные социальные, экономические и экологические проблемы. Поэтому нужны определенные усилия со стороны правительства и общественности в закреплении сознания, что лес – это жизненно важная часть землепользования в горах. Сегодня как никогда приходится задумываться о будущем лесов вообще, о сохранении леса как природной экосистемы, повышении на этой основе комплексной продуктивности лесов.

Все леса республики в основном представлены горными склоновыми насаждениями. В них произрастает более 200 видов древесно-кустарниковых пород. Общая площадь Гослесфонда Кыргызской Республики насчитывает 2 613 740 га, в том числе покрытая лесом площадь – 1 123 050 га, что составляет 5,62 % лесистости. В северной части республики (Прииссыккулье, Нарынская область, склоны Кыргызского хребта) леса образованы в основном елью тяньшаньской. В более сухих и жарких условиях Алайского хребта распространены арчевые леса. По жарким и сухим предгорьям Ферганского хребта распространены фисташковые редколесья, которые на высоте 1200–2100 м над уровнем моря сменяются массивом уникальных по породному составу орехово-плодовых лесов. Возрастная структура лесов республики выглядит следующим образом: молодняки – 8,5%, средневозрастные – 30,5%, приспевающие – 14,0%, спелые и перестойные – 47,0%. Из приведенных выше данных видно, что идет естественное старение лесов, и это вызывает тревогу, а, следовательно, требует конкретных мероприятий по искусственному омоложению лесов путем их восстановления, вырубке спелых и перестойных участков, которые в отдельных лесхозах составляют 50% и находятся в труднодоступных местах. Таким образом, возникли новые проблемы по сохранению и повышению устойчивости лесов, их рациональному использованию, воспроизводству, преодолению противоречий между ведением лесного хозяйства, с одной стороны, и экологией – с другой. Поэтому сложившееся положение в лесах и отношении к лесу требуют коренных изменений. Перед лесным хозяйством стоит задача постепенного перехода к лесовосстановлению и лесоразведению только улучшенными и сортовыми семенами. Для этого необходимо систематически осуществлять мероприятия по значительному улучшению лесосеменного дела. В числе этих мероприятий одно из первых мест занимает селекционная оценка насаждений с целью выявления плюсовых насаждений и деревьев, сохранения их для использования семян и черенков при создании лесосеменных плантаций.

В настоящее время в республике приостановлено госбюджетное финансирование создания лесных культур и ухода за ними. В результате Институтом леса им. П.А. Гана НАН КР начаты научные исследования по использованию луночного метода создания лесных культур, при этом самая трудоемкая подготовка площадок под лесные культуры исключается. Посадочные места готовятся непосредственно перед посадкой в местах естественной защиты, среди кустарниковой растительности, с более увлажненной и защищенной северной стороны камней и пней. Сеянцы высаживаются в подготовленные лунки размером 0,4 × 0,4 × 0,4 м под лопату. Кустарники будут сохранять их от заглущения травянистой растительностью, а в зимний период скопление массы снега поспособствует лучшему увлажнению почвы и создаст микроклимат для посадок. Для посадки используются стандартные сеянцы в возрасте 4–5 лет, выращенные в питомниках из отборных семян местного происхождения. Посадку нужно производить в течение всего вегетационного периода, используя посадочный материал с закрытой корневой системой. При луночном способе посадки нет необходимости подготовки почвы и ухода за культурами, и он имитирует способы появления естественного леса там, где его раньше не было. Таким образом, ускорится процесс долгой эволюции появления естественного леса в горах.

ОЦЕНКА СОДЕЙСТВИЯ ЕСТЕСТВЕННОМУ ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЮ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИГОЛЬЧАТОГО КАТКА

В.П. БОБРИНЕВ, Л.Н. ПАК, Е.А. БАНЩИКОВА

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита (kait1986@mail.ru)

NATURAL REGENERATION PROMOTION ASSESSMENT OF NEEDLE ROLLER RINK USING

V.P. BOBRINEV, L.N. PAK, YE.A. BANSHCHIKOVA

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita (kait1986@mail.ru)

В Забайкальском крае актуальным становится вопрос изучения воспроизводства леса естественным путем и разработка новых мероприятий по содействию этому процессу. Учитывается, что естественное возобновление леса с хозяйственно-экономической точки зрения является более выгодным, так как исключает часть затрат на заготовку и переработку лесосеменного сырья, выращивание посадочного материала и посадку лесных культур.

Исследования по теме проводили в 1998–2015 гг. на вырубках в разных группах типов леса (лишайниковый, сухокустарниковый, рододендроновый, брусничный, разнотравный, ольховниковый, багульниковый, мшистый, сфагновый) сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Цель исследований состояла в изучении особенностей естественного возобновления соснового леса в лесной зоне Забайкальского края и разработке мероприятий по содействию этому процессу. Пробные площади закладывали в нижнегорном (650–800 м н. у. м.) и среднегорном (700–1100 м н. у. м.) поясах площадью 0,5 га с учетом территории самой вырубки (на 25 га размещались 3 пробные площади) [3, 4, 5]. На каждой пробной площади равномерно размещали 25 учетных площадок размером 2 × 2 м для учета жизнеспособного и нежизнеспособного подроста. К жизнеспособному подросту относили экземпляры высотой 6 см и более с густым охвоением, зеленой хвоей, хорошо развитой верхушечной и боковыми почками, симметричной кроной. Нежизнеспособным подростом считали молодое поколение высотой до 5 см с бледно-зеленой хвоей, погибшими боковыми ветками в нижней части кроны, одной небольшой верхушечной почкой. По наличию и качеству подроста судили об успешности естественного возобновления с использованием разработанной нами шкалы [1, 2].

Лесорастительные условия горно-таежной лесостепной зоны Восточного Забайкалья суровые: климат региона характеризуется неравномерным распределением осадков в годичном цикле (годовое количество осадков составляет 310–340 мм, из которых в мае – июне выпадает всего 20–40 мм, в августе – сентябре – до 230 мм), большими колебаниями температуры в течение года и вегетационного периода (среднегодовая температура воздуха – отрицательная, -2,7 °С, в марте – апреле температура воздуха в течение суток колеблется от минус 15–20 °С до +10–15 °С, в сентябре – октябре также наблюдаются большие перепады температур в течение суток: от +10–15 °С до минус 15–20 °С), наличием поздневесенних (май – июнь) и раннеосенних (август – сентябрь) заморозков (продолжительность безморозного периода – 65–75 дней) и низкой относительной влажностью воздуха весной (в апреле – июне – 15–25%).

Содействие естественному возобновлению леса проводили путем рыхления почвы покровосдирателем ПДН-1 и накалывания почвы с образованием лунок игольчатым катком, изготовленным под руководством В.П. Бобринева.

Каток по своей конструкции несложен: он состоит из прямоугольной рамы (шириной 1,5 м, длиной 1,0 м), одной батареи, включающей 6 игольчатых дисков диаметром 550 мм (от бороны игольчатой БИГ-3), которые с боков прикреплены к раме двух колес с иглами для изготовления лунок в почве. Глубина лунок регулируется поднятием колес. Учитывая, что на вырубках игольчатые диски забиваются сучьями и валежником, к ним поставлены сферические диски диаметром 450 мм (от бороны дисковой БД-10). Такой каток при встрече с пнями или камнями свободно перекачивается через них. На 1 м² почвы образуется до 100 лунок, а на 1 га – 250–300 тыс. лунок (при 25–30%-й обработке почвы). Ширина захвата агрегата составляет 1 м, междурядья – 3 м.

Успех естественного возобновления леса зависит от двух основных факторов: удовлетворительного обсеменения вырубки (семена сосны распространяются в пределах 200–250 м от оставшихся стен леса) и благоприятных условий для прорастания семян и роста самосева. Установлено, что последние возникают во время проведения лесосечных работ, когда при трелевке на волоке снимается верхний, небольшой по толщине дерновый слой и образуется достаточно ровная уплотненная песчано-супесчаная полоса почвы. На ней в результате выпадения осадков и перепадов температур в течение суток, особенно в поздневесенний и раннеосенний периоды, происходит сезонное промерзание и оттаивание верхнего слоя почвы с образованием трещин различной ширины и глубины. В зависимости

от механического состава и влажности почвы протяженность трещин достигает 30–40 пог. м на 1 м². Их глубина колеблется от 3 до 6–9 см. В зависимости от глубины меняется и ширина трещин на поверхности почвы: от 1 до 2 см. На вырубках зимней заготовки и участках, заросших травянистой растительностью, образования трещин почти не происходит.

Обследование вырубков показало, что весной, в период массового выпадения семян, в образованные в почве трещины попадают семена сосны обыкновенной. При достаточном количестве влаги в почве семена сосны прорастают, а при ее отсутствии почва подсыхает по краям трещин, осыпается и присыпает семена. Размеры трещин меняются: по глубине они уменьшаются, а по ширине увеличиваются в 2–3 раза. В таком присыпанном сухой почвой состоянии семена находятся в почве 1,0–1,5 года практически без потери своей всхожести. Зимой они проходят стратификацию, а после наступления благоприятных условий (тепла, влаги) начинают прорастать. Пройдя зимнюю стратификацию в трещинах почвы, весной сосна дает дружные всходы. Положительным моментом образования трещин в почве на вырубках является сохранность семян от птиц и зверей.

Образование трещин в почве на вырубках происходит не во всех группах типов леса. На вырубках нижнегорного и среднегорного поясов большинство трещин отмечали в следующих группах типов леса – рододендроновом, брусничном, разнотравном, ольховниковом, расположенных на свежих почвах. Срок возобновления сосны в указанных группах типов леса составил 3–4 года при наличии среднего урожая семян и влажной погоды. Срок возобновления насчитывал 3–4 года. В других группах типов леса (на сухих и мокрых почвах) естественное возобновление проходит неудовлетворительно, так как в условиях резко континентального климата трещины не образуются. На сухих почвах в сухокустарниковой и лишайниковой группах типов леса много семян и всходов погибает от иссушения почвы и воздуха весной. На мокрых почвах в группе типов леса багульниковом, мшистом и сфагновом семена загнивают от избытка влаги.

Проведение мероприятий по содействию естественному возобновлению леса показало, что в горных условиях края покровосдиратель способствует развитию эрозии почвы, поэтому становится менее пригодным, и кроме того, появившиеся всходы, так же, как и в естественных условиях, погибают от зимне-весеннего иссушения воздуха и почвы.

Изучение механизма появления и роста всходов позволило провести опытные работы на вырубках по копированию природных процессов образования трещин в почве. В связи с этим был изготовлен и апробирован игольчатый каток.

Испытание игольчатого катка показало, что в первый год всходы практически не вырастают из трещин выше уровня почвы. На зиму они прикрываются опавшей листвой, травой и снегом, поэтому хорошо выживают. Весной следующего года трещины дополнительно засыпаются почвой, а у всходов на поверхности почвы остается побег высотой 1,5–2,0 см. В этом случае корневая шейка оказывается на 2–3 см ниже уровня почвы, что не влияет на дальнейший рост самосева и сохраняет его. Оптимальной глубиной накалывания почвы оказалась глубина 4 см. Содействие естественному лесовозобновлению путем накалывания почвы по сравнению с другими способами (рыхление почвы, создание плужных борозд) имеет ряд преимуществ: семена лучше обеспечены влагой, так как не нарушается капиллярное поднятие влаги; опавшие семена сохраняются от поедания грызунами и птицами; всходы лучше сохраняются от иссушения.

Оценка содействия естественному лесовозобновлению при использовании игольчатого катка показала, что весной подрост на пробных площадях было в 1,7 раза больше, чем осенью, а по сравнению с рыхлением почвы покровосдирателем ПДН-1 и с контролем (без проведения содействия) – больше соответственно в 13,7–15,5 и 9,7–39 раз. Естественное возобновление леса на вырубках во многом зависит от группы типов леса, высотной поясности, семеношения и влажности почвы.

Для содействия естественному возобновлению леса целесообразно использовать игольчатый каток, который ускоряет лесовозобновление на вырубках, повышает лесистость региона, предохраняет почву от эрозии, повышает производительность труда в 4–5 раз по сравнению с существующими агрегатами.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бобринев В.П.* Лесные стационарные исследования в Забайкальском крае. Чита: Поиск, 2011. 492 с.
2. *Бобринев В.П., Пак Л.Н.* Лесовосстановление в горных лесах Восточного Забайкалья. Чита: Поиск, 2008. 48 с.
3. *Побединский А.В.* Оценка успешности естественного возобновления // Лесное хозяйство, 1969, 1. С. 29–31.
4. *Романов В.Е.* Естественное возобновление в сосняках, пройденных пожарами // Лесное хозяйство, 1970, 11. С. 24–27.
5. *Сабан Я.А.* Методы изучения точности учета подроста под пологом леса и на вырубках // Лесное хозяйство, лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность. Киев: Будувельник, 1974, 3. С. 46–48.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ НАРУШЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

А.В. БОГОРОДСКАЯ, Е.А. КУКАВСКАЯ, Т.В. ПОНОМАРЕВА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (anbog@ksc.krasn.ru)

MICROBIOLOGICAL INDICATION OF CENTRAL SIBERIAN DISTURBED SOIL ECOSYSTEMS' FOREST GROWTH STATUS

A.V. BOGORODSKAYA, E.A. KUKAVSKAYA, T.V. PONOMAREVA

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (anbog@ksc.krasn.ru)

Участие почвенных микроорганизмов в лесообразовательном процессе определяется многообразием их функций, основные из которых – минерализация и синтез почвенного органического вещества, а также регулирование всех парниковых газов, поступающих из почвы в атмосферу. Немаловажна роль микробного сообщества как биоиндикатора происходящих в почве процессов в силу его высокой чувствительности к изменениям окружающей среды, адаптационной устойчивости и полифункциональности [1].

В работе рассматриваются микробиологические факторы трансформации азота и углерода в почвах лесных экосистем, претерпевающих долгосрочное нарушение растительного покрова на 45-летних просеках ЛЭП и краткосрочное воздействие вырубки древесного полога и низовых пожаров.

Сравнительную оценку воздействия рубок и пожаров на микробоценозы почв проводили на трех пробных площадях (ПП) в светлохвойных насаждениях Нижнего Приангарья и в лиственных насаждениях Саянского района Красноярского края. Насаждения в Нижнем Приангарье представлены сосняком разнотравно-зеленомошным (ПП 1) и сосняком бруснично-разнотравным (ПП 2), в Саянском районе – березняком разнотравным (ПП 3). На каждой из ПП заложены четыре категории участков площадью не менее 4 га каждый: 1 – ненарушенное насаждение (контрольный участок); 2 – насаждение, пройденное пожаром; 3 – вырубка; 4 – вырубка, пройденная пожаром. Участки располагались в непосредственной близости друг от друга в одном лесном массиве и одинаковых лесорастительных условиях, а древостои изначально имели схожие лесотаксационные характеристики. Вырубки и насаждения пройдены пожарами в год проведения исследований. Почвенный покров на всех пробных площадях представлен дерново-подзолистыми легко- и среднесуглинистыми почвами [3].

Выборочная рубка в лиственных насаждениях не приводит к существенной трансформации эколого-трофической структуры, экофизиологических параметров микробоценозов, общих запасов углерода микробной биомассы ($C_{\text{мик}}$) и продуцирования CO_2 дерново-слабоподзолистой почвой, ограничиваясь изменениями в подстилке. В светлохвойных насаждениях на свежей и пятилетней вырубках достоверно возрастает обилие гетеротрофной микрофлоры при доминировании гидролитиков, снижается олиготрофность, изменяются экофизиологические параметры микробоценозов в подстилках и гумусово-аккумулятивном горизонте. В профиле дерново-подзолистой почвы на пятилетней вырубке на 20% увеличиваются общие запасы $C_{\text{мик}}$ и на 30% – микробная продукция CO_2 (рис. А). Пожары на вырубках и в насаждениях оказывают значимое влияние на структуру, численность эколого-трофических групп микроорганизмов и экофизиологические параметры микробоценозов подстилок в сосновых насаждениях. В березовом насаждении пожары затрагивают также гумусово-аккумулятивный и верхний минеральный горизонты почвы, где отмечено снижение общих запасов $C_{\text{мик}}$ на 40% и продукции CO_2 на 30% от контрольного уровня в профиле дерново-слабоподзолистой почвы. В свою очередь, значения микробного метаболического коэффициента после пожаров значительно выше в подстилках светлохвойных насаждений, что указывает на большее нарушение их равновесного состояния и устойчивости микробоценоза в сравнении с лиственными лесами. Таким образом, пожары на вырубках и в светлохвойных и лиственных насаждениях в первые годы снижают функциональную активность микробоценозов почв. Активизация микробиологических процессов на свежих и пятилетних вырубках в светлохвойных насаждениях благоприятствует лесорастительным условиям почв.

Изучалась трансформация почвенно-микробиологических процессов на 45-летней просеке линий электропередач высокого напряжения (ЛЭП-500) в подтаежных и южнотаежных лесах Средней Сибири. Исследования проводились на двух отрезках ЛЭП на трансектах, пересекающих производный осиново-березовый с пихтой во втором ярусе крупнотравный тип леса (Т-осина), представляющий темнохвойную южнотаежную формацию, и сосновый крупнотравно-вейниковый тип (Т-сосна) – светлохвойную подтаежную. На каждой трансекте выделены участки, различающиеся по экологическим условиям: 1 – фоновое насаждение, через которое проходит просека (лес); 2 – под линиями ЛЭП посередине между опорами, где проявляется наибольшее влияние электрического поля [2]; 3 – в центральной части просеки между линиями ЛЭП, где, предположительно, влияние электромагнитного поля минимально. Почвенный

покров исследуемого района представлен серыми и темно-серыми слабоподзоленными глееватыми почвами, развитыми на коричнево-бурой глине [3].

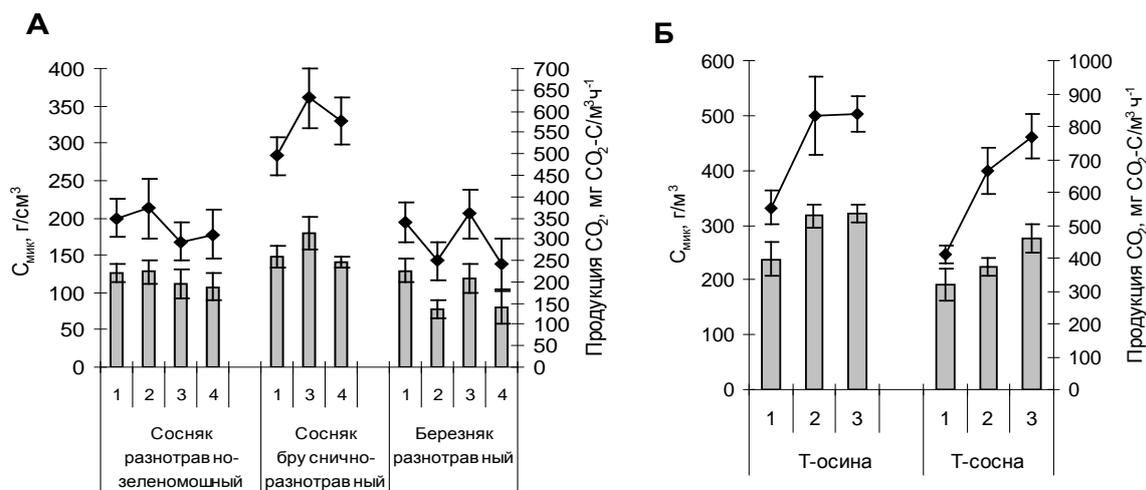


Рис. Суммарные запасы углерода микробной биомассы (диаграммы) и общее микробное продуцирование CO_2 (графики) в 20-сантиметровом профиле дерново-подзолистых в березовом насаждении почв светлохвойных и лиственных насаждений после рубок и пожаров (1, 2, 3, 4 – категории участков, см. текст) (А) и в 50-сантиметровом профиле серых почв коренных лесов и на просеках ЛЭП (1, 2, 3 – категории участков, см. текст) (Б).

На лесных просеках ЛЭП средообразующую роль определяют производные луговые сообщества. В результате строительства ЛЭП верхние органогенные горизонты почв нарушены, и в течение 45 лет они вновь формировались на остаточных минеральных горизонтах ВЕЛ и ВТ. Смена лесного типа растительности на луговой, увеличение фитомассы на 40–120% и трансформация гидротермического режима на просеках приводит к усилению дернового процесса, увеличению содержания гумуса, снижению кислотности и олиготрофности верхних горизонтов серых почв луговых сообществ и к активизации микробиологической минерализации органического вещества. В гумусовом горизонте луговых сообществ на просеках на 20–90% увеличивается содержание $C_{\text{мик}}$, на 60–90% – интенсивность базального дыхания, а также отмечены более высокие значения микробного метаболического коэффициента относительно коренных лесных ценозов. Максимальное увеличение запасов $C_{\text{мик}}$ (в 3–4 раза) и продукции CO_2 (в 4–5,5 раза) приходится на вновь сформированный гумусовый горизонт серых почв луговых ценозов. Суммарные запасы $C_{\text{мик}}$ в профиле до 50 см серых почв луговых ценозов увеличиваются на 35–45% и составляют 230–320 г/м³, общая микробная продукция CO_2 – в 1,5–2 раза выше таковой окружающего леса и достигает 770–840 мг $\text{CO}_2\text{-C}/\text{м}^3\text{ч}^{-1}$. Активизация микробиологических процессов синтеза-разложения органического вещества в луговых сообществах на просеках ЛЭП отражает улучшение гидротермических и трофических условий почв, свидетельствует об активном вовлечении травянистого опада в биотический круговорот.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сорокин Н.Д. Микробиологический мониторинг нарушенных наземных экосистем Сибири // Известия РАН. Сер. биол. 2009, № 6. С. 728–733.
2. Чехов В.И. Экологические аспекты передачи электроэнергии. М.: Изд-во МЭИ, 1991. 44 с.
3. Шишов Л.С., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

ВЛИЯНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ДЕРЕВЬЕВ НА ИХ УСТОЙЧИВОСТЬ К НИЗОВЫМ ПОЖАРАМ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ СИБИРИ

А.В. БРЮХАНОВ, А.В. ПАНОВ, Н.В. СИДЕНКО

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН (bryukhanov1975@yandex.ru)

INFLUENCE OF INDIVIDUAL CHARACTERISTICS OF TREES ON THEIR FIRE-RESISTANCE AFTER THE SURFACE WILDFIRES IN CENTRAL SIBERIA

A.V. BRYUKHANOV, A.V. PANOV, N.V. SIDENKO

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (bryukhanov1975@yandex.ru)

Целью проведенной работы было выявление влияния индивидуальных особенностей деревьев (морфометрические признаки, пространственное размещение, имеющиеся на стволе повреждения и т. д.) на их устойчивость к низовым пожарам разной интенсивности. Сбор данных осуществлялся на постоянных пробных площадях, заложенных преимущественно в хвойных древостоях после пожаров 2012 г. в Туруханском лесничестве Красноярского края. На каждой пробе располагалось не менее 100 деревьев. Было заложено 5 пробных площадей в основном в сосновых типах леса. Лиственные и темнохвойные насаждения представляли меньший интерес, так как даже низкоинтенсивные низовые пожары на их территории ведут к практически полной гибели древостоев.

Для определения количественных и качественных характеристик насаждений и оценки запаса крупномерных древесных остатков использовалась стандартная методика сплошного перечета с помощью наземной высокоточной лазерной съемки, применяемая при государственной инвентаризации лесного фонда (ГИЛ) предприятиями ФГУП «Рослесинфорг» [4]. Данные исследования включали оценку жизненного состояния древесных растений выше 1,3 м по 10-балльной шкале, наличия имеющихся видимых послепожарных повреждений, а также определение индивидуальных особенностей каждого дерева. В дальнейшем для удобства работы 10-балльная шкала, применяемая при ГИЛ, была адаптирована к более распространенной лесоводственной методике, где отпад деревьев оценивался по пятибалльной шкале [1, 5]. Сила и скорость распространения пожара оценивались по методике С.П. Анцышкина [2]. Согласно данной методике, чаще всего беглые низовые пожары характеризуются слабой силой горения, в то время как средняя и высокая сила наблюдается на устойчивых пожарах.

При анализе полученных результатов были подтверждены литературные данные, что наиболее значимыми факторами, влияющими на послепожарную гибель деревьев, являются поверхностное расположение корневой системы, наличие значительных механических повреждений и диаметр ствола. В ходе сопряженного анализа пространственной структуры основного полога древостоя на данных площадях нами было выявлено, что индивидуальные особенности дерева и его месторасположения (характер повреждений, наличие вокруг дерева основных проводников горения) играют не менее важную роль в его способности пережить низовой пожар (коэффициент корреляции $R = 0,81$), чем порода ($R = 0,74$) и диаметр в нижней части ствола ($R = 0,86$) [3].

Влияние величины диаметра ствола на способность деревьев пережить пожар рассматривалось во многих работах как отечественных, так и зарубежных исследователей. Наши наблюдения подтвердили: несмотря на то, что диаметр ствола очень важен, тем не менее, его всегда нужно рассматривать только при прочих равных условиях. На пробных площадях в количестве, пригодном для объективного статистического сравнения, присутствовали деревья сосны сибирской кедровой, сосны обыкновенной, ели сибирской и пихты сибирской из хвойных пород, а также березы повислой из лиственных. Выявлено, что у сосны обыкновенной в первый послепожарный год могли сохранить жизнеспособность только экземпляры с диаметром ствола от 17,2 см, а с диаметром от 18,1 см были зафиксированы живые деревья через 2–3 года после пожара. На участках после слабых низовых пожаров некоторым молодым соснам, образующим подрост (с диаметром на высоте груди от 0,5 см и высотой около 1,5 м), удалось сохранить жизнеспособность, но только при условии, что их крона не соприкасалась с сухой травой, полукустарничками и кустарниками, а также рядом не было скоплений валежа и опада. При средних по силе низовых пожарах через год выживали уже только деревья диаметром от 5 см на высоте груди после сильных низовых пожаров могли выжить только деревья с диаметрами более 20 см расположенные вдали от скоплений горючих материалов (табл.).

Индивидуальные особенности каждого дерева (ослабленность различными факторами, характеристики ствола, повреждения и т. д.), физическое месторасположение рядом с горючими материалами, которые могут либо увеличить интенсивность горения, либо ее снизить, обычно приводят к тому, что взрослые древесные растения, располагающиеся рядом друг с другом, валежом или хвойным подростом, могут погибнуть даже при диаметре более 32 см. В то же время сосны со значительно

меньшими диаметрами (16–24 см) в состоянии успешно пережить пожар, если они располагаются на открытом месте, где сила горения падает с сильного уровня (характерен для низового устойчивого пожара) до средней и слабой (характерны для низового беглого пожара).

Таблица. Отпад сосны обыкновенной через год после низовых пожаров (по группам диаметров*, %))

Сила низового пожара	Диаметр на высоте 1,3 м, см				
	до 8	8–16	16–24	24–32	32–40
Слабая	85,5	71,4	25	0	0
Средняя	90	82,1	39,1	28,	0
Сильная	100	100	80	77,4	52,4

* Примечание: сосны диаметром более 40 см не исследовались, так как их количество на пробных площадях было недостаточным для объективного статистического анализа.

Поверхностное расположение корневой системы (корневые лапы, выступающие над поверхностью земли) значительно снижает огнестойкость всех видов деревьев. Полученные с пробных площадей данные показывают, что шейка корня древесных пород является самой критичной частью ствола и видимой части корневой системы дерева для пирогенных повреждений. При беглых низовых пожарах доля погибших деревьев с крупными горизонтальными скелетными корнями, не прикрытыми почвой, составляла на пробах в среднем 42%, при более сильных низовых устойчивых – 91%. Далее по степени влияния на ослабление и отпад шли другие индивидуальные особенности строения нижней части ствола деревьев: закомелистость, наклон и искривление. Наиболее опасной для деревьев в пожарном отношении является ребристая закомелистость, характерная наличием «роек» (углублений в стволе), придающих комлю в сечении звездообразную форму. Именно в углублениях в стволах зачастую скапливается большое количество проводников горения, повышающих его интенсивность.

Видимые механические повреждения ствола (после пожара), как правило, оказывали минимальное влияние на выживаемость деревьев. Наибольший отпад (в среднем до 89% для устойчивых низовых пожаров) наблюдался у сосен, имеющих значительные механические повреждения ствола (крупные старые пожарные подсушины, карры от подсочки), занимающие более 2/3 его окружности.

Проведенные исследования показали, что наиболее опасны с пожарной точки зрения для древесных растений повреждения нижней части ствола (при одинаковых размерных характеристиках). Повреждения более 2/3 окружности камбиального слоя, как правило, приводят к летальным последствиям для растения уже в первый год. Особенно опасны они для хвойных пород, так как в полученной ране скапливается значительное количество смолы, являющейся легкогорючим веществом, значительно повышающим интенсивность горения на поверхности ствола. Такие повреждения обычно связаны с механическим воздействием погодных условий (ударов молний, ветровала, резких перепадов температур), а также ударов от падения других деревьев. При подобных факторах воздействия обычно образуются глубокие трещины, длина которых иногда измеряется метрами. Поверхностное повреждение ствола несет угрозу для жизни дерева в значительно меньшей степени по сравнению с воздействием на его корни и крону, и степень ослабления деревьев после пожара зависит от площади повреждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение, 1989, 4. С. 51–57.
2. Анцышкин С.П. Противопожарная охрана лесов. М.-Л.: Гослесбумиздат, 1957. 187 с.
3. Брюханов А.В., Панов А.В., Калякин С.В., Сиденко Н.В., Гузий В.М. Применение методов наземной высокоточной лазерной съемки для оценки послепожарных последствий на свежих гарях и горельниках в Центральной Сибири: матер. междунар. конф. ENVIROMIS-2014, 28 июня – 5 июля 2014 г., Томск, Россия, 2014. С. 197–200.
4. Приказ Рослесхоза от 10 ноября 2011 г. № 472 «Об утверждении Методических рекомендаций по проведению государственной инвентаризации лесов» (с изменениями от 05.04.2012): [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rosleshoz.gov.ru/docs/leshoz/199>.
5. Приказ Рослесхоза от 29 декабря 2007 г. № 523 «Об утверждении методических документов» (вместе с «Руководством по проектированию, организации и ведению лесопатологического мониторинга», «Руководством по проведению санитарно-оздоровительных мероприятий», «Руководством по планированию, организации и ведению лесопатологических обследований», «Руководством по локализации и ликвидации очагов вредных организмов»): [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_129394/.

БЛАГОДАРНОСТИ. Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 15-45-04423 и Российского научного фонда (грант № 14-24-00113).

ОЦЕНКА ПРИРОДНОЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ И ЕЕ ДИНАМИКИ

Л.В. БУРЯК¹, В.А. ИВАНОВ¹, Е.А. КУКАВСКАЯ²

¹Сибирский государственный технологический университет, Красноярск (lburak@mail.ru)

²Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (kukavskaya@ksc.krasn.ru)

EVALUATION OF FIRE DANGER AND ITS DYNAMICS

L.V. BURYAK¹, V.A. IVANOV¹, YE.A. KUKAVSKAYA²

¹Siberian State Technological University, Krasnoyarsk

²V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (kukavskaya@ksc.krasn.ru)

Для возникновения пожаров растительности необходимо три условия: наличие горючего материала, готовность этого материала к горению и источник огня [4]. В соответствии с этим выделяют следующие виды пожарной опасности: природная пожарная опасность, пожарная опасность по условиям погоды и антропогенная пожарная опасность, которую правильнее было бы назвать опасностью от источника огня. Пожарная опасность по погодным условиям зависит от климата и, кроме того, определяется комплексом метеорологических показателей. Экстремальные пожарные ситуации возникают в результате сильных засух [1]. В такие сезоны пожары растительности превращаются в стихийное бедствие. В Сибири чрезвычайная степень горимости отмечалась в 1996, 2003, 2006, 2012 и 2015 гг. Так, по данным спутникового мониторинга, только в Забайкальском крае в 2003 г. пожарами была пройдена 5 млн га лесных земель. Пожарная опасность от источника огня также имеет свои территориальные особенности. В лесных районах, отличающихся высокой плотностью населения, основным источником огня является человек, а в районах с малой плотностью населения причиной большинства пожаров остаются грозы.

Природная пожарная опасность определяется по шкале, разработанной И.С. Мелеховым [4]. Данная шкала с учетом дополнений включалась во все последующие нормативные документы по охране лесов от пожаров, в том числе и в Приказ Рослесхоза от 5 июля 2011 г. № 287 «Об утверждении классификации природной пожарной опасности лесов». Природная пожарная опасность может изменяться в течение пожароопасного сезона (весна, лето, осень), а также в связи с рубками и пожарами. Следует отметить, что из-за недостатка средств утвержденная классификация природной пожарной опасности разработана лишь для летнего периода. Вследствие этого, например, сосняки, лиственничники и насаждения лиственных пород травяных типов леса отнесены к 4 (ниже среднего) классу природной пожарной опасности, сенокосы и луга – к 5 низкому классу, что характеризует их пожарную опасность в летний период. В весенний же период сосняки травяные и открытые участки лесных земель характеризуются очень высокой пожарной опасностью, что отражено в шкале И.С. Мелехова. Анализ горимости южных лесных районов Красноярского края и Забайкалья показывает, что максимум горимости, за исключением таежной зоны, приходится на весенние месяцы. Это связано с тем, что большая часть площади лесостепной зоны (включая подтаежно-лесостепной район) и горных лесов юга Сибири приходится на зону травяных лесов. В связи с нарастанием площади нарушенных земель в последние десятилетия даже в таежной зоне Сибири доля участков с травяным покровом увеличивается. В соответствии с этим в последние десятилетия, например, в Приангарском районе наблюдается два пика горимости – весенний и летний. При организации охраны лесов необходимо учитывать данные закономерности. Прежде всего, даже при недостатке средств для разработки карт природной пожарной опасности на каждый период пожароопасного сезона необходимо учитывать региональные особенности горимости (в том числе, пиков пожарной опасности). В соответствии с характеристиками горимости для подтаежно-лесостепного и горных районов Красноярского края шкалы и карты природной пожарной опасности разрабатывать необходимо, в первую очередь, на весенний период пожароопасного сезона. Для ленточных боров Приангарского района, горных районов Тувы и Забайкалья, где возникновение и распространение пожаров возможно в течение всего пожароопасного сезона, необходимо разрабатывать две шкалы и карты пожарной опасности (весенне-осеннюю и летнюю). На основе предложенных рекомендаций нами было разработано районирование территории Красноярского края по среднему классу природной пожарной опасности для весенне-осеннего и летнего периодов пожароопасного сезона. Кроме того, была предложена карта-схема разделения лесных районов края по степени опасности возникновения пожаров [2]. В соответствии с предложенной оценкой природной пожарной опасности при лесоустройстве территории национального парка «Шушенский бор» в 2010 г. Востоксиблеспроект составил карты природной пожарной опасности. Разработка шкал и карт пожарной опасности в соответствии с периодами максимальной горимости позволит рационально организовывать охрану лесов от пожаров, в том числе разрабатывать мероприятия по противопожарному обустройству территории, более оперативно обнаруживать и тушить лесные пожары.

В Сибири самая высокая степень горимости отмечается в Приангарском, Среднесибирском подтаежно-лесостепном, Забайкальских лесостепном и горнотаежных районах. Это обусловлено тем, что данные районы характеризуются высокой пожарной опасностью всех видов. Пожарной опасностью по условиям погоды – в связи с более засушливыми климатическими и погодными условиями. Природной – вследствие преобладания сосновых насаждений и нарушенности значительной доли лесных земель, преобладания участков с травяным покровом. Антропогенной – в связи с большей по сравнению с другими районами Сибири плотностью населения и более развитой дорожной сетью. Кроме того, в Приангарском районе отмечается высокая частота пожаров, возникших от гроз [3]. В отдельные годы много пожаров от гроз возникает и в горных районах Сибири. Эти факторы обуславливают высокую пожарную опасность от источника огня.

Наблюдается динамика во всех показателях пожарной опасности. В течение отдельных пожароопасных сезонов пожарная опасность по погодным условиям нередко достигает критических значений и, кроме того, может превышать эти показатели в десятки раз. Так, в Забайкальском крае засуха продолжалась 13 лет (1995–2008 гг.), а показатель пожарной опасности ПВ-1 в июле 2003 г. превышал 40 тыс. единиц. В Приангарье в 2003 и 2006 гг. ПВ-1 достигал 14–16 тыс. единиц. С увеличением плотности населения растет и вероятность возникновения пожаров.

Многочисленное воздействие пожаров на древостои, повторное прогорание нарушенных участков приводит к сокращению площади земель, покрытых лесной растительностью, и лесных земель. В связи с увеличением доли нарушенных участков лесных земель возрастает и степень природной пожарной опасности данных районов. По оценкам исследователей, открытые участки лесных земель, в том числе вырубki и гари, отличаются наивысшей степенью пожарной опасности. Поэтому при развитии чрезвычайных ситуаций вследствие распространения крупных пожаров растительности возникает необходимость корректировки оценки территорий лесничеств по степени пожарной опасности. Так, например, в отдельных лесничествах Приангарья в 1996 и 2006 гг. или Забайкалья в 2003 г. доля площади, пройденной пожарами, превышает 10 %, достигая 25–30 % от общей площади земель лесного фонда. При этом вследствие длительных засух пожары характеризовались устойчивой формой и высокой силой и обусловили гибель древостоев, произошла трансформация значительной доли пройденных пожарами участков в гари, соответственно, возросла и природная пожарная опасность, что, безусловно, требует внесения поправок в оценку природной пожарной опасности данных субъектов.

Нами была проведена оценка динамики природной пожарной опасности в Кодинском и Гремучинском лесничествах Красноярского края, переоценены классы природной пожарной опасности кварталов, которые были пройдены пожарами 2006 г. Затем был пересмотрен класс природной пожарной опасности по участковым и другим лесничествам. В результате анализа состояния лесных участков и их пожарной опасности только по данным четырех крупных гарей Кодинского лесничества было установлено, что, например, в Пановском участковом лесничестве класс природной пожарной опасности повысился с II,7 до II,5. В целом по лесничеству, занимающему площадь более 3 млн га, класс пожарной опасности практически не изменился, но появились участки лесных земель площадью 53,4 тыс. га, характеризующиеся очень высокой пожарной опасностью. По Гремучинскому лесничеству площадь кварталов, перешедших в I класс пожарной опасности, только в результате воздействия четырех крупных пожаров достигла 74,2 тыс. га. В результате появления площадей гарей, исследованных нами, в Красногорьевском участковом лесничестве класс пожарной опасности повысился со среднего II,6 до высокого – II,4, в Мадашенском и Ангарском – с II,6 до II,5. В целом по лесничеству площадью более 1,2 млн га класс пожарной опасности повысился с II,6 до II,5.

По нашему мнению, переоценка классов природной пожарной опасности требуется в конце каждого пожароопасного сезона. Особенно она актуальна после пожароопасных сезонов с чрезвычайной горимостью. Такие мероприятия при современном техническом и программном оснащении лесоустроительных предприятий возможны и необходимы, особенно в связи с переходом на новые методы работы, предполагающие постоянную текущую инвентаризацию лесного фонда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Валендик Э.Н., Иванова Г.А. Экстремальные пожароопасные сезоны в лесах Сибири // Лесн. хоз-во, 1989, № 5. С. 57–59.
2. Буряк Л.В., Иванов В.А., Пономарев Е.А. Лесопожарное районирование территории Красноярского края // Лесные пожары и изменение климата. Проблемы управления пожарами в природных и культурных ландшафтах Евразии, междунар. конгресс. Новосибирск, 2013. С. 62.
3. Иванов В.А., Иванова Г.А. Пожары от гроз в лесах Сибири. Новосибирск: Наука, 2010. 164 с.
4. Мелехов И.С. Природа леса и лесные пожары. Архангельск, 1947. 60 с.

БЛАГОДАРНОСТИ. Исследования проведены при поддержке гранта РФФИ (15-04-06567).

СТЕПНЫЕ ПОЖАРЫ: ПРОБЛЕМЫ И ИННОВАЦИОННЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Э.Н. ВАЛЕНДИК, Е.К. КИСИЛЯХОВ, Е.И. ПОНОМАРЕВ, И.В. КОСОВ, А.И. ЛОБАНОВ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН (yegor@ksc.krasn.ru)

CATASTROPHIC STEPPE FIRES: PROBLEMS AND INNOVATIVE APPROACHES TO THEIR SOLUTION

E.N. VALENDIK, YE.K. KISILYAKHOV, YE.I. PONOMAREV, I.V. KOSOV, A.I. LOBANOV

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (yegor@ksc.krasn.ru)

Степные пожары в основном имеют антропогенное происхождение. Как правило, они возникают от сельскохозяйственных палов, выжиганий сенокосов и пастбищ. Степные пожары распространяются на обширных территориях и при аномальных погодных условиях приносят огромные разрушения: горят населенные пункты и другие экономические объекты, гибнут сельскохозяйственные животные и даже люди.

На территории современной России первые известные пожары от выжигания сухой травы скотоводами в степных и лесостепных зонах относятся к V в. Древними скотоводами было замечено, что выжигание сухой травы ранней весной ускоряет рост зеленой массы и удлиняет период ее вегетации. Этот способ применяли в степях и лесостепях на обширной территории Евразии от Южного Урала до Хабаровского края, включая Алтай, Хакасию и Туву [1]. До сих пор легально он применяется на пастбищах Монголии, но катастрофических пожаров там не бывает.

В XVIII в. действовал закон царя Петра I, запрещающий выжигания сухой травы на полях и сельхозугодьях, примыкающих к лесу, и виновные подвергались большому денежному штрафу. В XIX в. запрет на выжигание сельхозугодий в степных зонах был ужесточен до уголовной ответственности. Постановлением Правительства РФ от 10 ноября 2015 г. были внесены изменения в Правила противопожарного режима в Российской Федерации. Согласно этому документу запрещается выжигание сухой травянистой растительности, стерни, пожнивных остатков на землях сельскохозяйственного назначения и землях запаса, разведение костров на полях. Также запрещается в полосах отвода автомобильных дорог, полосах отвода и охранных зонах железных дорог, путепроводов и продуктопроводов выжигать сухую травянистую растительность, разводить костры, сжигать хворост, порубочные остатки и горючие материалы, оставлять сухостойные деревья и кустарники. Однако несмотря на запреты выжигания сухой травы продолжают.

Динамика пожаров в степной и лесостепной зонах на территории от Южного Урала до Дальнего Востока с марта по май в 2010–2015 гг. с марта по май показывает, что в течение рассматриваемого периода наблюдается положительный логарифмический тренд увеличения числа весенних нелесных пожаров и площадей, пройденных огнем. Данный тренд, очевидно, определяется не столько климатическими изменениями, фиксируемыми для территории Сибири и имеющими тесную корреляцию с динамикой горимости последних лет [2], но, в большей степени, с возрастающим уровнем антропогенного воздействия, так как человеческий фактор доминирует в причинах весенних загораний в степной и лесостепной зонах. Обобщенная статистика за рассматриваемый период позволяет констатировать, что после схода снега в марте возникает до 15% от общего числа весенних нелесных пожаров, в апреле – в среднем не менее 54% и в мае – 31%. Почти 60% всех площадей весенних нелесных пожаров (в среднем ~2 млн га) приходится на загорания, фиксируемые в апреле.

Первые степные пожары начинаются в марте в Забайкалье (Улан-Удэ, Чита), в Амурской области и в Хабаровском крае. Максимум степных пожаров возникает в апреле на всей территории от Южного Урала до Хабаровского края и Еврейской АО. Основное число и площади приходится на Южный Урал, Западную Сибирь, Алтай и Хакасию, Забайкалье и юг Амурской области. В мае основная масса степных пожаров приходится на юг Западной Сибири, Алтая. На юге Восточной Сибири число степных пожаров идет на спад. Это объясняется появлением вегетирующей растительности, выпадением осадков и прекращением сельхозпалов. Кроме того, наблюдается продвижение зоны концентрации нелесных пожаров с юга на север: так, если в начале пожароопасного сезона в марте большинство пожаров сосредоточено не выше 55° с. ш., то в апреле в Западной Сибири эта граница смещается к 60° с. ш., а в мае нелесные пожары фиксируются на широте выше 60° с. ш. на всей рассматриваемой территории.

В 2015 г. степные пожары с катастрофическими последствиями охватили территории Хакасии и Забайкалья. В этих регионах были разрушены 48 населенных пунктов и других хозяйственных объектов. Только в Хакасии погибли 35 человек, 1600 пострадали от пожаров. В этих пожарах было уничтожено около 5000 сельскохозяйственных животных. Ущерб превысил 5 млрд рублей [3]. Вместе с тем проблема возникла не внезапно, природно-экономические условия созрели в течение десятилетий. Масштабы

проблемы очень велики: степным пожарам подвержены потенциально почти 2/3 территории России. Издревле южные степные районы Сибири были животноводческими, здесь паслись многочисленные отары овец и других сельскохозяйственных и диких животных. Все степные пастбища, особенно вблизи населенных пунктов, были сильно подвержены перевыпасу, что оказывало значительное воздействие на растительный покров и часто приводило к опустыниванию, то есть пастбищные площади степей сокращались [4]. Население держало скот на личных подворьях и заготавливало сено вокруг населенных пунктов. Запасы горючих материалов снижались, что приводило к слабой интенсивности горения. Кроме того, по периметру населенных пунктов создавались пахотные полосы, где выращивали сельскохозяйственные культуры. Все это надежно защищало жилые усадьбы от степных пожаров. После 90-х гг. прошлого века с деградацией сельского хозяйства численность сельскохозяйственных животных намного сократилась. Распаханные ранее участки степей восстановились, то есть увеличились их площади. Люди перестали держать скот и заниматься земледелием вблизи своих подворий. Все это привело к увеличению площади степей. Запасы сухой травы возросли во много раз. Препятствия распространению пожаров были устранены, и при штормовых ветрах они быстро достигают населенных пунктов.

На территории Забайкалья в апреле 2015 г. действовали сотни степных пожаров. В то же время в Северной Монголии, примыкающей к югу Забайкалья, в тех же природных и климатических условиях, пожаров было в десятки раз меньше, так как здесь, в отличие от Забайкалья, многотысячные стада овец и других сельскохозяйственных животных поедают траву в степи, а в зоне поселений и кошар еще и вытаптывают ее, что приводит к отсутствию условий для распространения огня.

Катастрофические пожары в степях развиваются при аномальных погодных условиях: длительная засуха, высокие температуры воздуха (более 25–30 °С) и штормовые ветры более 20 м/с. Многолетний опыт борьбы с природными пожарами показывает, что огнезащитные полосы только из вспаханной земли даже шириной несколько десятков метров не задерживают степные пожары при сильном ветре. Горящие пучки сухой травы легко преодолевают эту преграду.

Исторический опыт свидетельствует о том, что исключительно запретами выжигания сухой травы в степных и лесостепных районах невозможно добиться желаемого результата, поэтому кроме запретов сельхозпалов необходимо искать альтернативные пути решения этой серьезной проблемы. Например, целесообразно основные усилия направить не столько на тушение пожаров, сколько на защиту населенных пунктов и конкретных объектов экономики. Мы предлагаем для этой цели создавать по периметру населенных пунктов противопожарные заградительные барьеры. Основной задачей противопожарных заградительных барьеров является остановка фронта распространения степных пожаров, а также предотвращение переноса горящих частиц пожара на жилые и хозяйственные постройки населенных пунктов. Внедрение предлагаемой технологии позволит получить значительный экономический эффект в народном хозяйстве за счет существенного сокращения расходов на тушение пожаров, восстановление сгоревших населенных пунктов, сохранит жизнь людей и сельскохозяйственных животных.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гайковский Ф.А.* Охранение лесов от пожаров // Лесное законоведение, 1885. С. 39–44.
2. *Пономарев Е.И., Харук В.И.* Горимость лесов Алтае-Саянского региона Сибири в условиях наблюдаемых изменений климата // Сиб. экол. журн., 2016, № 1. С. 38–46.
3. *Гуггенгейм С.* Противопожарная слеза // Московский комсомолец в Красноярске, 21 (908), 20–27 мая 2015 г. С. 2.
4. *Мордкович В.Г.* Степные экосистемы. Новосибирск: Наука, 1982. 207 с.

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 14-24-00112).

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОЦЕНКИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ В ЛЕСУ

А.В. ВОЛОКИТИНА¹, Т.М. СОФРОНОВА², М.А. КОРЕЦ¹

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (volokit@ksc.krasn.ru, mik@ksc.krasn.ru)

²Красноярский педагогический университет им. В.П. Астафьева, Красноярск (tmsofronova@gmail.com)

IMPROVEMENT OF FIRE DANGER RATING IN FOREST

A.V. VOLOKITINA¹, T.M. SOFRONOVA², M.A. KORETS¹

¹V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (volokit@ksc.krasn.ru, mik@ksc.krasn.ru)

²V.P. Astafiev Krasnoyarsk State Pedagogical University, Krasnoyarsk (tmsofronova@gmail.com)

Пожарная опасность в природных условиях является понятием очень сложным и многогранным. На пожарную опасность влияет большое количество факторов, прямых и косвенных. Главными являются факторы, без которых не может возникнуть горение. Во-первых, это *растительные горючие материалы (РГМ)* в виде комплексов, причем самой важной их характеристикой является тот запас РГМ, который способен сгорать при данных погодных условиях. Во-вторых, *погодные условия* (относительная влажность и температура воздуха, уровень засухи, осадки), которые предопределяют появление и динамику сгорающего запаса РГМ. В-третьих, *источники загорания* (вероятность их появления).

Лесопожарная охрана выполняет три основные задачи: 1) обнаружение пожаров; 2) планирование и проведение профилактических противопожарных мероприятий; 3) непосредственная борьба с пожарами и управление ими. Каждой из перечисленных задач соответствует свой вид пожарной опасности. Так, при обнаружении пожаров используется ежедневная оценка пожарной опасности, которую называют *пожарной опасностью по условиям погоды*. Планирование и проведение профилактических противопожарных мероприятий связано с усредненными, обобщенными оценками пожарной опасности, которую обычно называют *природной*. В территориальном отношении эти оценки, как правило, приурочены не к отдельным участкам, а к их совокупности. При составлении оптимального плана тушения действующего пожара очень важен прогноз его поведения, то есть определение возможной скорости распространения, развития и последствий. Для этого необходимо иметь возможность оценить характеристики горения участков растительности, расположенных вокруг очага пожара на данные дни и часы. Такая оценка по своей сути является оценкой *текущей природной пожарной опасности*, которая учитывает пирологические характеристики растительных горючих материалов и, прежде всего, основных проводников горения в зоне горения и на окружающей территории.

Для оценки пожарной опасности по условиям погоды разработаны и используются лесопожарные показатели засухи (ЛПЗ) Нестерова [4] и ПВ-1 ЛенНИИЛХа [2]. Они включают в себя основание, учитывающее факторы высыхания (температуру, дефицит влажности воздуха, температуру точки росы), и поправки на увлажняющий фактор – осадки. Основное преимущество показателя ПВ-1 перед показателем Нестерова – более точный дифференцированный учет осадков. Основания обоих показателей отражают условия испарения со свободной водной поверхности, которое протекает до полного испарения влаги. Но в лесу испарение из гигроскопических тел (мхов, лишайников, опада) идет лишь до уровня равновесной влажности, которая зависит от относительной влажности воздуха. Поэтому повышение относительной влажности воздуха может без дождя приводить к увлажнению гигроскопичных напочвенных горючих материалов до негоримого состояния.

В Институте леса им. В.Н. Сукачева СО РАН (ИЛ СО РАН) разработан показатель, учитывающий влажность и гигроскопичность напочвенных горючих материалов, – ПВГ [5]. В основание показателя были введены поправки, и оно приобрело следующий вид:

$$(t + 10^\circ) (t - t_d - 5^\circ), \text{ где}$$

t – температура воздуха в 14–15 часов, в градусах; t_d – температура точки росы в 14–15 часов, в градусах. Поправка 5° учитывает гигроскопичность горючего, а 10° делает показатель «работающим» при отрицательных температурах (до минус 10) в отличие от показателей Нестерова и ПВ-1. Это очень важно для территорий, где могут возникать весенние и осенние пожары при минусовых температурах (например, в Забайкалье и на Дальнем Востоке). Кроме того, предложен усовершенствованный коэффициент осадков и даны рекомендации по использованию в оценке пожарной опасности по условиям погоды метеопрогнозов [5].

Оценка природной пожарной опасности до сих пор является грубой, интегрированной, поскольку осуществляется на уровне 70-х гг. прошлого столетия. Все многообразие растительности подразделяется на 5 классов пожарной опасности (КПО) от наиболее пожароопасного к наименее. На основе данной шкалы в процессе лесоустройства составляются лесопожарные карты в масштабе 1:100 000. Они предназначены в основном для противопожарного устройства лесной территории, так как не содержат

детальной характеристики растительных горючих материалов, позволяющей отражать скорость пожарного созревания растительности, прогнозировать интенсивность горения, развитие пожара и его последствия.

Для совершенствования оценки природной пожарной опасности в ИЛ СО РАН на основе многолетних фундаментальных пирологических исследований разработаны детальная классификация растительных горючих материалов (РГМ) и методы их разномасштабного картографирования [1]. Карты РГМ позволяют совершенствовать противопожарное устройство лесной территории, оценку текущей природной пожарной опасности, а также дают возможность прогнозировать распространение, развитие и последствия пожара. Пример информационной базы для прогноза поведения действующих лесных пожаров создан для Чунского лесничества (Красноярский край).

В авиационной охране лесов от пожаров используются местные шкалы оценки пожарной опасности, которые занимают промежуточное положение между оценкой пожарной опасности по условиям погоды и оценкой природной пожарной опасности, поскольку кроме погодных условий учитывают, хотя и косвенно, ряд других факторов. К сожалению, используемая в настоящее время методика составления региональных (местных) шкал не позволяет делать их сопоставимыми с напряженностью пожарной ситуации в других районах. Так, класс пожарной опасности в разных лесничествах может быть одинаковым, а количество действующих пожаров на единице площади – разным. Необходимы сопоставимые шкалы, чтобы оперативнее маневрировать силами и средствами лесопожарной охраны.

Методика составления усовершенствованных местных шкал оценки пожарной опасности разработана в ИЛ СО РАН на примере Чунского лесничества (Красноярский край). С этой целью была собрана информация о пожарах и погодных условиях за 10 лет (с 2005 по 2014 г.). За основу приняли ранее разработанный принципиальный метод составления местных шкал [3], но при этом использовали новый абсолютный критерий – плотность действующих в данный день пожаров на данной территории (пож./млн га). Пример региональной шкалы для Чунского лесничества на весь сезон приведен в таблице. Кроме этого, составлены местные шкалы для данного лесничества для весенне-летнего (с 20.04 по 30.06) и для летне-осеннего (с 01.07 по 20.09) периодов пожароопасного сезона. Разработана и совершенствуется программа автоматизированного составления местных шкал оценки пожарной опасности.

Таблица. Местные шкалы для Чунского лесничества на весь сезон (по данным 2005–2014 гг.)

Класс пожарной опасности	Величина ПВ-1	Плотность пожаров на млн га
I КПО	до 200	до 0,2
II КПО	201–1000	0,20–0,8
III КПО	1001–5600	0,81–3,2
IV КПО	более 5600	3,21–12,8
V КПО	–	более 12,8

Итак, давно назревшая необходимость совершенствования оценки пожарной опасности в лесу вполне осуществима при использовании имеющихся пирологических разработок, на основе которых в настоящее время в ИЛ СО РАН готовятся методические рекомендации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волокитина А.В., Софронов М.А. Классификация и картографирование растительных горючих материалов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 314 с.
2. Вонский С.М., Жданко В.А. Принципы разработки метеорологических показателей пожарной опасности в лесу. Методические рекомендации. Л.: ЛенНИИЛХ, 1976. 47 с.
3. Курбатский Н.П. Пожарная опасность в лесу и ее измерение по местным шкалам // Лесные пожары и борьба с ними. М.: АН СССР, 1963. С. 5–30.
4. Нестеров В.Г. Горимость леса и методы ее определения. М.: Гослесбумиздат, 1949. 76 с.
5. Софронов М.А., Гольдаммер И.Г., Волокитина А.В., Софронова Т.М. Пожарная опасность в природных условиях. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2005. 330 с.

РОЛЬ СУПЕРОСОБЕЙ *HETEROBASIDION ANNOSUM* (FR.) BREF. В ФОРМИРОВАНИИ ОЧАГОВ УСЫХАНИЯ СОСНЫ

Г.А. ВОЛЧЕНКОВА, В.Б. ЗВЯГИНЦЕВ

Белорусский государственный технологический университет, Минск, Белоруссия (volchenkova@belstu.by)

THE ROLE OF SUPER INDIVIDUALS OF *HETEROBASIDION ANNOSUM* (FR.) BREF. IN THE FORMATION OF PINE DIEBACK CENTERS

G.A. VOLCHENKOVA, V.B. ZVIAGINTSEV

Byelorussian State Technological University, Minsk, Byelorussia (volchenkova@belstu.by)

Массовое поражение сосны обыкновенной корневой гнилью, вызываемое некротрофным грибом *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., традиционно объясняют низкой устойчивостью насаждений искусственного происхождения, созданных на нелесных почвах [1, 6–7, 9]. Однако в последнее время очаговое развитие болезни отмечается и в сосняках естественного происхождения [4]. Количество активно растущих куртин усыхания, приводящих впоследствии к образованию «окон» и в тех, и в других насаждениях, обычно невелико и редко превышает 3–5 шт. на га. На фоне огромного количества споровой инфекции патогена в воздухе, оседающей на поверхность со скоростью до 1550 спор на 1 м² в час [10], и повсеместной встречаемости инфекции в почве [5] возникновение локальных очагов носит случайный и достаточно редкий характер. Даже в насаждениях, пораженных корневой губкой в сильной степени, выделяются однородные с пораженными участки, не затронутые заболеванием. С целью расширения представлений об особенностях возникновения и роста очагов корневой губки нами было проведено изучение пространственной структуры локальных популяций *H. annosum* в куртинах усыхания сосны. Объектами исследования являлись 120 изолятов *H. annosum* из 6 очагов корневой губки и межочаговых пространств, собранных в чистых по составу сосновых насаждениях различного возраста.

Проведенные исследования позволили установить, что в крупных действующих и затухающих очагах корневой губки в процессе усыхания деревьев участвуют несколько групп вегетативно совместимых изолятов патогена, которые охватывают различные по размерам и форме участки куртины усыхания. В возникающих или имеющих небольшие размеры очагах выявлялась только одна группа вегетативно совместимых изолятов. Известно, что у базидиальных макромицетов, образующих индивидуальный долгоживущий мицелий, границы которого можно установить молекулярными методами, выделяются индивидуумы или особи как самостоятельные существующие организмы [3]. Изоляты одной особи *H. annosum* вегетативно совместимы, различных особей – несовместимы [2, 12].

Изоляты особей *H. annosum*, инициирующих инфекционный процесс (инициирующие особи), обладают более высокими патогенностью и дереворазрушающей активностью по сравнению с изолятами особей, проникающих в уже сформированный очаг (вторичные особи), в среднем на 35,7 и 33,6% соответственно (существенность различий доказана на 5%-м уровне значимости) (табл.). Иницирующие особи занимают площадь 41,0–94,7 м², колонизируя от 11 до 39 корневых систем деревьев, в то время как вторичные имеют гораздо меньшие размеры: заселяют от 1 до 5 корневых систем и распространяются на площади 7,0–23,9 м².

Таблица. Сравнительная характеристика изолятов инициирующих и вторичных особей *H. annosum* из куртин усыхания сосны

Показатель	Изоляты инициирующих особей	Изоляты вторичных особей	Фактическая разность	Наименьшая существенная разность (при 5%-м уровне значимости)
Количество колонизированных корневых систем, шт.	18,0±11,0	2,3±1,2	15,7	9,3
Площадь мицелия, м ²	67,7±23,9	10,7±4,3	57,0	20,5
Дереворазрушающая активность, %	14,7±3,6	11,0±1,8	3,7	3,5
Патогенность, %	97,6±2,9	71,9±13,9	25,7	12,9

Известно, что грибы рода *Heterobasidion* имеют полигенетический контроль вирулентности и дереворазрушающей активности [11], что приводит к существенному расслоению отдельных генотипов

по этим признакам. К примеру, патогенность гаплоидных изолятов *H. annosum* может отличаться в десятки раз [8].

Таким образом, при куртинном поражении сосны в условиях Беларуси локальный очаг усыхания формирует одна особь корневой губки, индивидуальные свойства которой определяют успешное внедрение в насаждение и дальнейшее распространение по корневым системам близстоящих деревьев. Такие суперособи выступают в качестве первичного патогена, очевидно, не нуждаясь в предварительном ослаблении деревьев. Это обуславливает гибель деревьев на всей территории, занятой мицелием с вирулентным генотипом, обеспечивая концентрический рост куртин усыхания.

Следовательно, с целью профилактики очагового поражения сосняков корневой губкой в управляемых лесах защитные мероприятия необходимо направлять не только на общее повышение устойчивости насаждений к корневым патогенам, но и на снижение количества инфекции *H. annosum* на участках с высокой угрозой развития болезни.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Васильяускас А.* Корневая губка и устойчивость экосистем хвойных лесов. Вильнюс: Мокслас, 1989. 175 с.
2. *Дьяков Ю.Т.* Грибы: индивидуумы, популяции, видообразование // Журнал общей биологии, 2008, т. 69, № 1. С. 10–18.
3. *Дьяков Ю.Т.* Грибы: индивидуумы, популяции, виды // Современная микология в России. Т. 3: тезисы докладов третьего съезда микологов России, 10–12 окт. 2012 г., Москва. М., 2012. С. 41.
4. *Звягинцев В.Б., Волченкова Г.А.* Трансформация патогенеза корневой губки при интенсификации лесного хозяйства // Грибные сообщества лесных экосистем / под ред. В.Г. Стороженко. Москва–Петрозаводск: Ред. изд. отд. Кар НЦ, 2014, т. 4. С. 15–25.
5. *Острикова М.Я., Баранов О.Ю., Пантелеев С.В.* Оценка зараженности почв корневой губкой на лесокультурных площадях / сб. науч. работ. Ин-т леса НАН Беларуси. Гомель, 2011, вып. 71: Проблемы лесоведения и лесоводства. С. 480–488.
6. *Стороженко В.Г., Бондарцева М.А.* Научные основы устойчивости лесов к дереворазрушающим грибам. М.: Наука, 1992. 221 с.
7. *Федоров Н.И.* Корневые гнили хвойных пород. М.: Лесная пром-ть, 1984. 160 с.
8. *Dalman K., Himmelstrand K., Olson Å., Lind M., Brandström-Durling M., Stenlid J.* Genome-wide association study identifies genomic regions for virulence in the non-model organism *Heterobasidion annosum* s.s. // PLoS One, 2013, no. 8 (1): e53525.
9. *Garbelotto M., Gonthier P.* Biology, epidemiology, and control of *Heterobasidion* species worldwide // Annu. Rev. Phytopathol., 2013, vol. 51. P. 39–59.
10. *Gonthier P., Garbelotto M., Nicolotti G.* Seasonal patterns of spore deposition of *Heterobasidion* species in four forests of the Western Alps // Phytopathology, 2005, vol. 95, no. 7. P. 759–767.
11. *Olson A. et al.* Insight into trade-off between wood decay and parasitism from the genome of a fungal forest pathogen // New Phytologist, 2012, no. 194 (4). P. 1001–1013.
12. *Stenlid J.* Population structure of *Heterobasidion annosum* as determined by somatic incompatibility, sexual incompatibility, and isoenzyme patterns // Can. J. Bot., 1985, vol. 63. P. 2268–2273.

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа выполнена при поддержке БРФФИ (грант Б14М-076).

ИНТЕНСИВНЫЕ ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ В БАЙКАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

В.И. ВОРОНИН¹, Р.Г. ШУБКИН², М.В. РЫМОВЕВ³

¹Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск (bioin@sifibr.irk.ru)

²Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Красноярск (rshubkin@yandex.ru)

³Агентство лесного хозяйства Республики Бурятия, Улан-Удэ (rimorev2010@yandex.ru)

INTENSIVE FOREST FIRES IN THE BAIKAL REGION

V.I. VORONIN¹, R.G. SHUBKIN², M.V. RIMOREV³

¹Siberian institute of plant physiology and biochemistry SB RAS, Irkutsk (bioin@sifibr.irk.ru)

²Siberian Fire and Rescue Academy of EMERCOM of Russia, Krasnoyarsk (rshubkin@yandex.ru)

³Forestry Agency of the Buryatia Republic, Ulan-Ude (rimorev2010@yandex.ru)

Начальный этап освоения Сибири характерен отсутствием регламентации охраны лесов от пожаров. Напротив, выжигание лесов и превращение освободившихся площадей в сельхозугодья всячески поощрялись [1]. Первым документом, направленным на охрану лесов от пожаров на территории Сибирской губернии, является указ правительствующего Сената Российской империи от 28.02.1744 г., направленный на защиту лесов, «где имеется соболиный лов». Позже был принят еще ряд законодательных актов, воспрепятствовавших выжиганию лесов, однако в отсутствие специализированной лесоохранной государственной структуры результативность этих документов была низкой. Наблюдение за пожарной безопасностью лесов было возложено на земских комиссаров, в помощь которым придавались избираемые поселянами пожарные старосты [4]. Последние следили за тем, чтобы население весной не устраивало опасных палов на сельхозугодьях, а в случае лесного пожара должны были организовать его тушение, задействуя крестьян ближайшего селения, а если этого было недостаточно, то через волостное правление привлекая и крестьян других селений. Решение о прекращении тушения лесных пожаров принималось земскими судами [1]. Институт пожарных старост существовал на общественных началах, и результативность его была низкой. В 1835 г. издается подробнейшая инструкция «О мерах борьбы с лесными пожарами», которая детально регламентирует профилактические противопожарные мероприятия, способы противопожарной пропаганды, обязанности пожарных сторожей, определение убытков от пожаров, ответственность за поджоги и т. п. Многие пункты этой инструкции актуальны и сегодня.

Согласно данной инструкции, исполнение противопожарных мер возлагалось на окружное, городское и земское начальство. Земскому суду предписывалось содействовать мобилизации населения для тушения лесных пожаров, а земская полиция совместно с органами местного самоуправления должна была осуществлять строгое расследование причин возникновения лесных пожаров и определять виновников их возникновения.

Организация первых лесничеств «Высочайшим повелением императора Александра III от 15.02.1894 г.» способствовала улучшению охраны лесов силами лесной стражи, однако незначительная площадь лесничеств и малочисленность стражи не могли коренным образом изменить ситуацию с охраной лесов от пожаров. Наличие огромных таежных пространств, не охваченных лесничествами, не позволяет оценить истинные масштабы лесных пожаров того времени на территории Иркутского генерал-губернаторства, в состав которого входили Иркутская и Енисейская губернии, Якутская и Забайкальская области. Представление об этих событиях можно составить лишь по некоторым опубликованным данным. В частности, В.Б. Шостаковичем [5] описан ущерб от пожара 1915 г., когда огонь полыхал в тайге по всей Сибири на площади 1,6 млн кв. верст. По ориентировочным подсчетам, в этом году погибло 165 млн м³ древесины.

Относительно надежная статистика лесных пожаров в Байкальском регионе существует с середины XX в. Анализ динамики горимости лесов Иркутской области, например, показывает, что количество пожаров по годам колеблется в большом диапазоне – от 330 до 4316 и зависит, прежде всего, от погодных условий. Наибольшее годовое количество пожаров, 4316, зарегистрировано в 2003 г., наименьшее, 576, – в 2004 г.

В 2015 г. сложная лесопожарная ситуация сложилась в прибайкальских лесах. В Бурятии число пожаров достигло 1391 случая, из которых 392 пожара были крупными, а общая площадь, пройденная пожарами, составила 817 700 га. В Иркутской области в 2015 г. было зарегистрировано 1589 лесных пожаров, общая площадь которых составила 404 704 га. Тем не менее, лесопожарная ситуация была здесь проще, чем в предыдущем году. В 2014 г. в Иркутской области было зафиксировано 2234 очага лесных пожаров.

Количество пожаров находится в прямой зависимости от густоты транспортной сети и плотности населения. С уменьшением этих параметров число пожаров заметно сокращается, а средняя площадь пожара увеличивается.

Продолжительность пожароопасного периода в лесах Байкальского региона в среднем достигает 170 дней. Пик весенней пожарной активности наступает, как правило, в мае, когда происходит активное иссушение почвы и напочвенного покрова при незначительном количестве атмосферных осадков, и лишь в северных районах пожарная активность сдвинута на сентябрь – октябрь.

Анализ причин возгорания демонстрирует следующие результаты: более чем в 70% случаев виновником является местное население, более 3% – сельскохозяйственные палы, около 2% – лесозаготовительные организации и около 1% – экспедиции, работающие в лесу. Лишь 17,5% пожаров возникает от «сухих гроз», а подавляющее большинство возгораний (77,5%) лежит на совести человека.

Если смотреть на причины возникновения пожаров в историческом аспекте, то следует признать, что за последние два века мало что изменилось. Например, еще писатель Н.С. Щукин в 1830 г. писал следующее в своем дневнике: «Весною в окрестностях Иркутска обыкновенно горят леса на большом пространстве. О прекращении сих пожаров очень мало заботятся; их заливает первый сильный дождь или крестьяне, но в таком только случае, если палы (так называют здесь лесные пожары) подойдут к деревне... Долго еще, очень долго будут гореть наши леса» [3].

Существующие методики оценки лесопожарной обстановки позволяют определить площадь и периметр зоны возможных пожаров в регионе. Исходными данными являются значение класса пожарной опасности (КПО) и время развития пожара.

Значение КПО зависит от природных и погодных условий региона, времени года и определяется по показателю Нестерова, который учитывает температуры воздуха, точки росы и осадки. В 2014–15 гг., например, средний КПО в Иркутской области составил III,6, а среднепятилетний показатель – II,4 (чрезвычайный КПО – V). Высшие классы пожарной опасности в нашем регионе присущи маю – июню. Соответственно, только располагая информацией о многолетней динамике атмосферных осадков этих месяцев, в сопоставлении с данными о лесных пожарах можно создать вероятностный прогноз возникновения ЧС.

Согласно проведенным дендрохронологическим исследованиям нами были составлены хронологии лесных пожаров за несколько последних веков для шести районов Иркутской области и выявлена цикличность возникновения крупномасштабных лесных пожаров, равная 60 годам [2]. На основании этих материалов было высказано предположение, что в соответствии с циклическим ходом снижения осадков в мае – июне наиболее сложная лесопожарная обстановка в Байкальском регионе установится в 2012–2015 гг., когда будет достигнут внутривековой минимум 60-летнего цикла атмосферного увлажнения в весенне-летний период. На ниспадающей ветви его будут проявляться 3–4-летние циклы повышенной горимости лесов с существенным ростом сгоревших площадей леса. В период до 2015 г. возможен переход к двухлетней квазипериодичности, когда лесные пожары будут в массе возникать ежегодно, как было в период 1950–60 гг. и на рубеже XIX–XX вв. Лесопожарная ситуация 2014–2015 гг. показала, что прогноз оказался верным, как было сказано выше. В эти годы лесные пожары приняли интенсивный характер и были преимущественно крупномасштабными.

В то же время следует отметить, что явление, известное как «глобальные климатические изменения», с каждым годом все активнее меняет характер атмосферного переноса, а вместе с тем и атмосферного увлажнения территории. Вполне возможно, что текущее развитие событий будет существенно отклоняться от исторической траектории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вацук Л.Н., Швиденко А.З. Динамика лесных пространств Иркутской области. Иркутск: ОАО «Иркутская областная типография № 1», 2006. 392 с.
2. Воронин В.И., Шубкин Р.Г. Анализ многовековой хронологии лесных пожаров и вероятностный прогноз их возникновения в байкальском регионе // Пожарная безопасность, 2007, № 3. С. 64–70.
3. Записки иркутских жителей. Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1990. 144 с.
4. Столетие учреждения лесного департамента. 1798–1898. СПб.: Типо-литография Римана, 1898. 348 с.
5. Шостакович В.Б. Лесные пожары в Сибири в 1915 г.: к истории лесных богатств // Изв. ВСОРГО. Иркутск, 1924, 47. С. 1–9.

ASSESSING THE AWARENESS OF INSECTS CAUSING ALLERGIES AMONG FOREST PROFESSIONALS

M.M. GLAVENDEKIC

University of Belgrade – Faculty of Forestry, Belgrade, Serbia (milka.glavendekic@sfb.bg.ac.rs)

ОЦЕНКА ОСВЕДОМЛЕННОСТИ ЛЕСНИКОВ О ВЫЗЫВАЮЩИХ АЛЛЕРГИЮ НАСЕКОМЫХ

М.М. ГЛАВЕНДЕКИЧ

Лесотехнический Факультет, Белградский университет, Белград, Сербия (milka.glavendekic@sfb.bg.ac.rs)

Changed climate conditions affect the behaviour and populations dynamics of insects. There are various scenarios as an answer to the changed conditions: moving to a higher elevation; expansion and population's growth; decrease of population [1]. Common forest insect pests producing allergenic setae in Serbia are *Thaumetopoea pityocampa* L. – pine processionary moth; *Thaumetopoea processionea* (L.) (Lepidoptera, Notodontidae) – oak processionary moth; *Euproctis chryorrhoea* L. – browntail moth and *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera, Erebidae) – gypsy moth. They are herbivorous and outbreaking species which have ecological and economic impact and cause allergies in humans and animals. Pine processionary moth (PPM) is one of species which is expanding its range from the Mediterranean region due to changed climate conditions. In Serbia PPM was found in Bujanovac Forest Unit in 2011 and in May, 2016 it expanded its range by 4km from 2011-2016. Browntail moth outbreaks have been recorded in the Western Balkans since 2012. Severe defoliation was studied in Priboj and Novi Pazar Forest Units. Both species produce urticating hairs which cause cutaneous reactions and respiratory distress in humans and animals [2]. Contact with setae (urticating hairs) can provoke oral, skin and eye damage in humans and animals, which are most of the time benign. In some cases it leads to allergic reactions causing anaphylactic shock.

Sex pheromone monitoring of PPM was carried out from 2009-2015 in Bujanovac Forst Unit at 8 localities in Scots pine plantations. The distribution of the recent outbreak and ecology of brown tail moth were studied in Priboj and Novi Pazar Forest Units. The evidence of cutaneous reactions of employees of "Srbijašume" Forest Enterprise were observed. In order to assess the awareness of forest professionals about the significance of allergenic reactions a questionnaire was handed out and respondents estimated their knowledge of insect biology and their own experience with allergies.

PPM Larvae from the third instar develop urticating setae. The length of setae is 0.2mm and they are situated in groups on the dorsal part of the abdomen. If larvae are disturbed, setae are actively released and can cause severe allergic reactions to humans [2]. Cutaneous reactions among employees in Bujanovac Forest Unit were not observed and there is no evidence that the residents asked for help at local health clinics. The veterinary service in Bujanovac rural and urban area has not reported any health problems so far on local sheep, goat, cattle populations or dogs attending the infected area. Veterinary practitioners were not aware of the risk of allergies. They got information from forest engineers that forest pest with urticating setae could cause allergies in wild and domestic animals. After the presentation about the significance of insects causing allergies, all respondents answered that they are ready to change their behavior. They are ready to wear protective clothes and masks when they work in the forest in order to avoid cutaneous and respiratory reactions. All respondents show social responsibility. Respondents were asked: Who would you inform if you found PPM developmental stages in the forest? They all answered that they would inform authorities in the forest protection sector.

In 2014 in Priboj Forest Unit there was a totally defoliated area of 834,67 ha due to a browntail moth outbreak. It was a culmination phase of the outbreak. Thousands of moths were attracted by light and entered the suburb of the town of Priboj. Residents in rural and urban areas were disturbed and they asked for help at local clinics. Cutaneous reactions among the employees of Priboj Forest Unit have been observed since 2011, but serious reactions were more frequent in 2014. A half of forest professionals who experienced severe allergies were not able to work for one or more weeks. Severe defoliation was observed in Badnjak Management Unit, department 60. In the following years there was a significant decrease of the population. A survey in May 2016 revealed latency of browntail moth at this locality. Cutaneous reactions of animals were not reported.

In Novi Pazar Forest Unit it is likely that browntail moth outbreak started in 2013 and the culmination was in 2015. Residents in the affected forest area reported health problems from cutaneous reactions to respiratory disturbances among child population. Occupational exposure was not reported so far. Respondents were not aware of allergies caused by forest insect pests.

PPM and browntail moth should be monitored as it is regulated for other forest pests. For forest professionals and residents in affected areas there is a high risk from both allergies caused by PPM caterpillars and browntail moth. It is recommendable to avoid reactions to PPM larvae: humans and animals should avoid heavily infested areas from March to May and especially on windy days and in May when the larvae descend in

processions from trees. It was suggested to forest professionals and residents to keep children away if processions were seen and also not to touch or disturb them. It should be prohibited to collect cones or wood from infested forests. In communities close to infested trees avoid to dry clothes outdoors in months when larvae are urticating (March – May). Precautionary measures are essential during the occupational exposure related to forest employees when working in infested forests. Leave as small an area of skin exposed as possible and wear appropriate clothing and footwear. If exposure is high, protective goggles or a mask is needed. Patients allergic to larvae should not work in infested forests. Doctors and veterinary practitioners should become familiar with PPM and browntail moth related diseases. Correct diagnosis and appropriate information that emphasizes precautionary measures will reduce health risk in humans and animals. The prognosis of envenomation by PPM larvae in animals can be severe, although in many cases reactions are mild. It depends on the intensity of contacts with irritating hairs.

Pine processionary moth expands its range due to climate change. It has been spreading from 2009 to 2016 in pine forests of Bujanovac Forest Unit [3]. From the first report of tents in 2011 it expanded its range by more than 4 km forward. Forest is used by local residents and domestic animals are feeding in infested forests. So far allergic reactions of residents and domestic animals to PPM caterpillars have not been reported. All respondents showed a low level of knowledge about allergies. It is similar to the previous research on the awareness of forest professionals of invasive alien species [4]. This suggests that education is needed in the field of forest protection and especially the knowledge about occupational exposure as employee related risk.

Occupational exposure has been reported in Priboj Forest Unit since 2011. Residents suffer mainly from skin rash and they develop dermatitis from direct contact with the caterpillar or indirectly from contact with airborne hairs. The symptoms mainly occur in April and May. All developmental stages of browntail moth could distribute toxic setae. Residents in the affected forest area reported respiratory disturbances among child population.

Precautionary measures are needed in affected areas. For PPM it is important to avoid contact with larvae from the third to the fifth instar. Doctors and veterinary practitioners should become familiar with PPM and browntail moth related diseases. Correct diagnosis and appropriate information will reduce health risk in humans and animals. The lack of knowledge about allergies among forest professionals corresponds with the low level of public awareness about invasive alien species in Serbia [5]. The education of employees is urgently needed.

For forest professionals and residents in affected areas there is a high risk from both allergies caused by PPM caterpillars and browntail moth. It is recommended for humans and animals to avoid heavily infested areas from March to May and especially on windy days and in May when the larvae descend in processions from the trees. Pine processionary moth expands its range due to climate change. It has been spreading from 2009 to 2016 in pine forests in Bujanovac Forest Unit. Forest is used by local residents and domestic animals are feeding in infested forests. Allergic reactions of residents and domestic animals to PPM caterpillars have not been reported so far.

Outbreaks of browntail moth were reported from 2014 to 2016 in Priboj and Novi Pazar Forest Units. Occupational exposure has been reported in Priboj Forest Unit since 2011. Residents suffer mainly from skin rash and they develop dermatitis from direct contact with caterpillars or indirectly from contact with airborne hairs. The symptoms mainly occur in April and May.

Precautionary measures are needed in affected areas. For PPM it is important to avoid contact with larvae from the third to fifth instar. For browntail moth precautionary measures are needed all over the season because all developmental stages have urticating setae. Doctors and veterinary practitioners should become familiar with PPM and browntail moth related diseases. Correct diagnosis and appropriate information will reduce health risk in humans and animals. Education is needed to improve the level of awareness of forest professionals, physicians and doctors of veterinary medicine towards allergenic reactions to forest insect pests.

LITERATURE

1. Battisti A., Stastny M., Netherer S., Robinet C., Schopf A., Roques A., Larson S. Expansion of geographic range on the pine processionary moth caused by increased winter temperatures // *Ecological Applications*, 2005. V.15. P. 2084-2096.
2. Moneo I., Battisti A., Dufour B., Carcia-Ortiz, J.C., Gonzales-Munoz M., Moutou F., Paolucci P., Toffolo E.P., Riviere J., Rodriguez-Mahillo A.-I., Roques A., Roques L., Vega J.M., Vega J. Medical and veterinary impact of the urticating processionary larvae // Roques A. (ed.) *Processionary Moths and Climate Change: an Update*. Springer, Dordrecht, 2015. P. 359-410.
3. Roques A., Rousselet J., Avci M., Avtzis D. N., Basso A., Battisti A., Ben Jamaa M. L., Bensidi A., Berardi L., Berretima W., Branco M., Chakali G., Çota E., Dautbašić M., Delb H., El Alaoui El Fels M. A., El Mercht S., El Mokhefi M., Forster B., Garcia J., Georgiev G., Glavendekić M. M., Goussard F., Halbig P., Henke L., Hernández R., Hôdar J. A., Ipekdal K., Jurc M., Klimetzek D., Laparie M., Larsson S., Mateus E., Matošević D., Meier F., Mendel Z., Meurisse N., L. Mihajlović, Mirchev P., Nasceski S., Nussbaumer C., Paiva M.-R., Papazova I., Pino J., Podlesnik J., Poirot J., Protasov A., Rahim N., Sánchez Peña G., Santos H., Sauvard D., Schopf A., Simonato M., Tsankov G., Wagenhoff E., Yart A., Zamora R., Zamoum M., Robinet C. Climate warming and past and present distribution of the processionary moths (*Thaumetopoea* spp.) in Europe, Asia Minor and North Africa // Roques A. (ed.) *Processionary Moths and Climate Change: an Update*. Springer, Dordrecht, 2015. P. 81-161.

4. *Marzano M., Dandy N., Papazova-Anakieva I., Avtzis D., Connolly T., Eschen R., Glavendekić M., Hurley B., Lindelöw Å., Matošević D., Tomov R., Vettraino A. M.* Assessing awareness of tree pests and pathogens: a pan-European perspective. // *Forest Policy and Economics*, 2016. Volume 70. P. 164-171.
5. *Glavendekić M., Ivanov B., Džinović M., Arsović B., Mandić D.* Educational Technology in Developing Public Awareness of Tree Pests and Pathogens // *Šumarski list*, 2015. No. 9-10. P. 455-463.

ACKNOWLEDGEMENTS. This work was supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia (Grant III 43002 and III43007).

NEED FOR THE DEVELOPMENT OF PRAGMATIC AND SCIENCE-BASED SOLUTIONS FOR FOREST MANAGEMENT AND FIRE MANAGEMENT FOR THE RUSSIAN FEDERATION

J.G. GOLDAMMER¹, A.M. ERITSOV², YE.K. KISILYAKHOV³

¹Global Fire Monitoring Center, Freiburg, Germany (johann.goldammer@fire.uni-freiburg.de)

²Aerial Forest Fire Center «Avialesookhrana», Pushkino (aeritsov@aviales.ru)

³V.N. Sukachev Institute of Forest, SB RAS, Krasnoyarsk (yegor@ksc.krasn.ru)

НЕОБХОДИМОСТЬ РАЗРАБОТКИ ПРАКТИЧЕСКИХ НАУЧНО ОБОСНОВАННЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА И КОНТРОЛЯ ПОЖАРОВ ДЛЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ДЖ.Г. ГОЛДАММЕР¹, А.М.ЕРИЦОВ², Е.К.КИСИЛЯХОВ³

¹Global Fire Monitoring Center, Freiburg, Germany (johann.goldammer@fire.uni-freiburg.de)

²Aerial Forest Fire Center «Avialesookhrana», Pushkino (aeritsov@aviales.ru)

³V.N. Sukachev Institute of Forest, SB RAS, Krasnoyarsk (yegor@ksc.krasn.ru)

Sustainable management and protection of forest resources are key elements of the forest policy of the Russian Federation. For more than a century the prevention and control of all forest fires has been primary task of agencies responsible for forest management and fire protection. However, scientific evidence reveals that some forest types in the different ecoregions of Russia's territory have co-evolved with natural fires (lightning fires) and even human-set fires. The effects of fire disturbances include removal of dead and live accumulated biomass, recycling of nutrients, stand thinning and regeneration of forest stands. In some temperate-boreal forest types of Russia fire disturbances may create habitats for valuable biodiversity. Recurrent surface fires of low intensity remove combustible materials and result in an overall reduction of the risk of severe and large destructive fires, which are considered threat to sustainable forest management and utilization, and may lead to large, uncontrollable outbreaks of pests and diseases [1].

With the presence of natural fires over millennia some forest types can be classified as fire-tolerant, fire-adapted or even fire dependent. Thus, a complete exclusion of fire from some forest ecosystems is neither ecologically desirable, nor economically feasible. Considering the consequences of climate change on forest and non-forest ecosystems in temperate-boreal Eurasia the country is challenged to maintain and properly manage long-term stable forest cover with management objectives that may differ from the past. Apart of the continuing goal of managing highly productive forest new priorities should be set, e.g. creation of forests of high resilience against climate extremes, biodiversity conservation and – related to climate change – terrestrial carbon sequestration. Thus, a future forest and fire management policy of Russia shall consider these challenges. New forest management and silvicultural practices must include the integration of planned and prescribed natural and accidental wildfires, as well as prescribed management fires [2, 3].

The scientific knowledge on the basics of forest and fire ecology and on the projections of the consequences of climate change on the future of forest ecosystems in temperate-boreal Eurasia is very rich. Much of the research results have been published by the Russian scientists of the Sukachev Institute for Forest in cooperation with their international partners.

Some of these research and development activities have been jointly planned and organized between the Global Fire Monitoring Center (GFMC), the Aerial Forest Fire Center *Avialesookhrana* and the Sukachev Institute for Forest. With the aim to bring the communities of scientists, practitioners and decision makers together some of the significant milestones were realized between 1991 and 2010.

Between 2012 and 2014 several national and regional consultations and international conferences addressed the theme of integrated fire management from national (Russia) level to the global level [4]. In the frame of the scientific-technical cooperation between Russia and the Global Wildland Fire Network the results of cooperative science programs have been evaluated. The results show that the scientific basis for decision making is available but has not been used sufficiently for introducing practical management solutions or strategic approaches in forest and fire management that would address the consequences of climate change. This paper summarizes the steps taken to discuss these issues at the science-policy interface. It starts with the “First International Fire Management Week” in Krasnoyarsk in 2012 and end with the World Climate Treaty agreed upon 2015 in Paris, France, and signed at the United Nations in New York in early 2016. At the end it is proposed that the results of the scientific-technical consultations and the political decisions – the World Climate Treaty – are calling for decisive and pragmatic management solutions. The two International Fire Management Weeks held in Krasnoyarsk in 2012 and 2013, sponsored by the Federal Forest Agency of the Russian Federation *Rosleskhoz*, *Avialesookhrana* and the GFMC, with financial support of the German Federal Ministry for Food and Agriculture (BMEL), provided round tables and discussion platforms for fire scientists, practitioners and decision makers to discuss the state-of-the-art science of fire ecology and the implications for

practical application and strategic planning. The Round Table of 2012 concluded that there is an urgent need to revise the policy and practice of fire management in the Russian Federation, and agreed upon 10 recommendations (the “Krasnoyarsk 10-Point Programme on the Future of Fire Management in Russia”):

1. Legal and other normative documents that are regulating forest management and forest fire protection need to be complemented concerning the use of prescribed fires and prophylactic burning under forest canopy;
2. Methodological guidelines for prescribed burning under forest canopy need to be developed at federal level;
3. Educational programs for the training of forest firefighters and fire management specialists at different educational levels need to be developed and approved at Federal level;
4. Programs of advanced continuous professional education for foresters on prescribed burning need to be developed and approved;
5. Create the occupation categories “Forest Fire Fighter” and Fire Crew Leader in the tariff-classification reference book;
6. Further scientific research concerning prescribed fires needs to be supported at Federal level;
7. The Order of the Federal Forestry Agency № 174 of 27 April 2012 “Approval of the normative for forest fire management plans” need to be changed in the section on planning the prophylactic burnings at forest district unit level and to determine the normatives for fire prevention operation plans in the 1-km zone around settlements;
8. Concepts for the use of fire on agricultural and other non-forested lands of the Russian Federation need to be developed;
9. A new system of statistical accounting and classification of types of forest and other vegetation fires and their consequences needs to be developed, and appropriate changes to be made in the GOST № 17.6.1.01-83 (approved by Decree of the State Committee on Standards, 19 December 1983);
10. International expertise in the field of fire management needs to be used, including the system of statistical accounting and classification of vegetation fires proposed by GFMC.

In continuation of the dialogue the site of the international “Bor Forest Island Fire Experiment” of 1993 [5] was re-visited at its 20th Anniversary in 2013 and the on-site research continued. Taking into consideration the conducted research and the reports presented at the Second International Fire Management Week the participants proposed to:

1. Develop monitoring technologies for post-fire regeneration by enhancing the capabilities of the Satellite Fire Monitoring System of Rosleskhoz;
2. Develop a new methodology to evaluate the necessity of reforestation of burned areas;
3. Develop recommendations to carry out activities for restoration of forests damaged by fires;
4. Develop evaluation criteria of a selective approach towards forest fire suppression taking into consideration the fire management zoning and forest health conditions;
5. Develop new techniques to evaluate economical losses caused by forest fires;
6. Develop decision-support software for forest fire suppression;
7. Revise the current forest and fire management terminology considering the amendments in the forest legislation and scientific and technical advances;
8. Provide appropriate information to the general public about the positive role of controlled fire in natural regeneration and about the real situation related to reforestation of burned areas;
9. Initiate research concerning post-fire regeneration in burned areas of different ecosystems continue long-term post-fire research in different ecosystems including the Bor Forest Island Fire Experiment site;
10. Ensure involvement of young specialists for continuation of long-term scientific studies in forest conservation, protection and reproduction.

In summary, the scientific-technical round tables and a regional congress conducted in Russia in 2012 and 2013 highlighted the need for targeted measures in forest and landscape management of temperate-boreal Eurasia and notably for the Russian Federation. It is evident that

- The ecology of forests and fire has been well investigated by the science community;
- The influence of humans on fire regimes of forests and surrounding landscapes is well understood;
- The current and future impacts of climate change on forests and fire regimes are evident;
- Agencies responsible for sustainable silviculture, forest economics and disaster risk reduction have developed appropriate policies, response strategies and institutional capacities to prepare the forestry sector to cope with the impact of global change.

Following the two Fire Management Weeks in Krasnoyarsk an international congress was organized which addressed the consequences of climate change on fire regimes and fire management entitled “Forest Fire and Climate Change: Challenges for Fire Management in Natural and Cultural Landscapes of Eurasia”, held in Novosibirsk, Russia, 11-12 November 2013. The rationale for organizing the congress was that recent wildfire episodes in temperate-boreal Eurasia have resulted in severe environmental damages, high economic losses and considerable humanitarian problems. The congress released the 10 Novosibirsk recommendations:

1. The governments of Russia and the neighbouring countries are alerted and warned by the scientific and the

professional fire management community that the threat from wildfires in the region will become increasingly dangerous in the coming years as a consequence of climate change and socio-economic and demographic changes;

2. The development and application of advanced technologies of satellite remote sensing systems must be supported to obtain precise and reliable information about the number, size and impacts of fires in all ecosystems (forests, wetlands, agricultural lands, pastures and other vegetation) as well as their secondary consequences such as fire emissions affecting the quality of atmosphere and human health; and provide these data and information to the authorities and the public in a transparent way;
3. In order to reduce the negative effects on environment and human health and in complying with the Gothenburg Protocol to the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution the extent of unnecessary burning of agricultural, pasture and steppe ecosystems must be reduced;
4. Rural communities must be supported in the self-defense of rural assets (farms, villages, recreational sites, infrastructures);
5. Fire management plans for protected areas, which consider the vulnerability of some ecosystems, and the fire tolerance or fire dependence of other ecosystems, must be developed;
6. Special attention must be given to develop capacities to manage wildfires occurring on vegetated lands that are contaminated by radioactivity, chemical and other industrial deposits or threatened by military assets including unexploded ordnance stemming from armed conflicts or military training;
7. Urban and rural areas must be prepared to protect populations against the adverse effects of wildfire smoke pollution; and publish transparent and open data about people affected by smoke pollution;
8. A dialogue must be established at regional level between relevant agencies that encourages participatory approaches by inviting representatives of civil society to define fire management solutions at landscape levels (including forests, agricultural lands, abandoned agricultural lands, other lands);
9. Fire Management Resource Centers must be established at regional level which will train professionals and volunteers in fire management, disseminate information to the public on early warning and real-time information on ongoing wildfires, and facilitate mutual support between neighbouring regions in wildfire emergency situations;
10. The authorities of the Russian Federation shall acknowledge the recommendations of the International Fire Management Weeks organized in Krasnoyarsk Krai in 2012 and 2013, which addressed the need to reform the approaches in the management of forest fires.

The participants underscored the regional and transboundary significance of the themes addressed by the Congress and the recommendations made by the participants of the Congress. They therefore suggested that these recommendations be forwarded for consideration in the deliberations at the UNECE/FAO Regional Forum on Cross-boundary Fire Management (United Nations, Geneva, 28-29 November 2013), which was sponsored by the German Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL).

With regards to the theme of this conference “Intensification of the Russian Forestry: Problems and Innovative Solutions” this contribution highlights a process in which the scientific-technical discussions on the role of fire and fire management in the future of forest and fire management have been tied up with the global context. Indeed, in the past decisions in forest and fire management have often been influenced by emotions and outdated views, which often did not consider the needs of traditional rural / forest communities, the role of natural and anthropogenic fire in these ecosystems and the reality of climate change. However, time is running away. The impact of climate change and the socio-economic changes in rural Russia are dramatically affecting fire regimes. More changes are to be expected such as the anticipated changes of forest composition, migrations of species and forest zones. Pragmatic solutions are needed to stabilize the forests of Russia towards an increased resilience against climate extremes and natural and human-caused disturbances. More active investments are needed, swiftly moving from current economics- and emotions-driven forest management decisions to environment- and ecosystem-based solutions.

The role of Siberia’s pine and larch forests to cope with climate extremes and fires imply that the two genera of trees *Pinus* spp. and *Larix* spp. are suitable for playing a major future environmental function and an economic role in order to cope with the upcoming changes. The recommendation of the most significant expert round tables, conferences and political consultations are pointing into the right direction – at least from the point of view of fire management. Now it is timely that forest planning, silviculture and innovative forest management are coming together and develop solutions that are in line with the World Climate Treaty of 2015 and the responsibilities of all nations to develop pragmatic and science-based solutions for advanced forest management.

LITERATURE

1. Goldammer, J.G., V.V. Furyaev (eds.). Fire in ecosystems of boreal Eurasia – Kluwer Academic Publ., Dordrecht, 1996, 528 pp.
2. Valendik, E.N., J.G. Goldammer, Ye.K. Kisilyakhov, G.A. Ivanova, S.V. Verkhovets, A.V. Bryukhanov, I.V. Kosov Goldammer, J.G. (ed.). Prescribed Burning in Russia. In: Prescribed Burning in Russia and Neighbouring Temperate-Boreal Eurasia (J.G. Goldammer, ed.), 13-147. Kessel Publishing House, 2013, 326 p.

3. *Goldammer, J.G. (ed.)*. Prescribed Burning in Russia and Neighbouring Temperate-Boreal Eurasia. – A publication of the Global Fire Monitoring Center (GFMC). Kessel Publishing House, 2013, 326 p.
4. *Goldammer, J.G. (ed.)*. Vegetation Fires and Global Change. Challenges for Concerted International Action. – A White Paper directed to the United Nations and International Organizations. Kessel Publishing House, Remagen-Oberwinter, 2013, 398 p.
5. *FIRESCAN Science Team (Goldammer, J.G., Stocks, B.J., Furyaev, V.V. and Valendik, E.N., Coord.)*. The Bor Forest Island Fire Experiment, Fire Research Campaign Asia-North (FIRESCAN). In: Prescribed Burning in Russia and Neighbouring Temperate-Boreal Eurasia (J.G. Goldammer, ed.), 149-231. Kessel Publishing House, 2013, 326 p.

ВЛИЯНИЕ ГУСТОТЫ ДРЕВОСТОЯ НА СТРУКТУРУ И ПРОДУКТИВНОСТЬ НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В КУЛЬТУРАХ ЛИСТВЕННОЙ СИБИРСКОЙ

И.А. ГОНЧАРОВА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН (iagoncharova007@mail.ru)

THE STAND DENSITY IMPACT ON GROWTHS COVER STRUCTURE AND PRODUCTIVITY IN ARTIFICIAL LARCH PLANTATIONS

I.A. GONCHAROVA

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (iagoncharova007@mail.ru)

Задача поиска оптимальных режимов лесовыращивания, которые обеспечивали бы наивысший текущий прирост биомассы на единицу площади, является крайне актуальной. Анализ густоты естественных и искусственных ценозов и оценка ее влияния на таксационные показатели и продуктивность древостоя лиственничных фитоценозов давно привлекали внимание исследователей [2, 4–8 и др.]. Однако работы, рассматривающие влияние густоты древостоя на видовой состав растений напочвенного покрова и их продуктивность, малочисленны [1, 3].

В задачи исследования входило: 1) установление основных тенденций изменения видового разнообразия, общего проективного покрытия и фитомассы напочвенного покрова; 2) сравнительная оценка парцеллярной структуры напочвенного покрова в разнотравных ценозах.

Исследования проводились на 25-летних культурах лиственницы сибирской (*Larix sibirica* L.), созданных в 1982 г. сотрудниками Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН под руководством А.И. Бузыкина в подзоне южной тайги (Большемуртинский лесхоз Красноярского края) на серых лесных почвах в однородных лесорастительных условиях с использованием 18 вариантов густоты (от 0,5 до 128 тыс. шт./га), то есть крайние варианты густоты различались в 256 раз (табл. 1).

Таблица 1. Густота 25-летних лиственничных молодняков

№ секции	Начальная густота, тыс. шт./га	Фактическая густота, тыс. шт./га	№ секции	Начальная густота, тыс. шт./га	Фактическая густота, тыс. шт./га
1	0,5	0,2	10	10,0	2,8
2	0,8	0,3	11	12,0	5,5
3	1,0	0,4	12	16,0	6,1
4	1,5	0,7	13	24,0	7,7
5	2,0	0,8	14	32,0	6,3
6	3,0	1,3	15	48,0	7,7
7	4,0	1,9	16	64,0	10,2
8	6,0	2,8	17	96,0	11,3
9	8,0	2,3	18	128,0	18,0

В изученных молодняках лиственницы сибирской произрастает 38 видов сосудистых растений. Количество видов растений травяно-кустарничкового яруса с густотой древостоя варьирует. В секциях 1–14 с густотой 0,2–7,7 тыс. шт./га насчитывается 10–21 видов растений травяно-кустарничкового яруса. В наиболее густых ценозах (секции 15–18) с фактической густотой 7,7–18,0 тыс. шт./га видовое разнообразие минимально: 3–7 видов; то есть видовое разнообразие с густотой древостоя снижается ($R = 0,73$, $P < 0,05$).

Общее проективное покрытие (ОПП) видов (как под пологом, так и в окнах) уменьшается с густотой древостоя. Однако это снижение носит нелинейный характер. В редких насаждениях (0,2–1,9 тыс. шт./га – секции 1–7) ОПП под пологом (в биогруппах лиственницы) составляет 1–30%, тогда как в окнах ОПП достигает 50–90%. В древостоях с густотой 2,3–18,0 тыс. шт./га (секции 8–18) ОПП под пологом варьирует в пределах 1–10%, в окнах – 1–40%. Причем четкой зависимости уменьшения ОПП с густотой в данных пределах густоты древостоя нет. Основную роль играет размещение стволов. При равномерном распределении деревьев в насаждениях с меньшей густотой древостоя ОПП меньше, чем при групповом размещении стволов, хотя общая густота древостоя больше.

В структуре разнотравных молодняков лиственницы сибирской можно выделить две группы синузий. Первая – под пологом древостоя (мертвопокровная) и вторая – в окнах полога древостоя (крупнотравно-злаковая, разнотравно-злаковая и хвощево-разнотравная) (табл. 2).

Таблица 2. Площадь, занимаемая синузиями, %

Название парцеллы	Занимаемая парцеллой площадь (%) для секций																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Мертво-покровная	0	0	0	0	5	5	10	30	45	60	90	85	95	90	95	100	100	100
Крупнотравно-злаковая	50	60	60	20	10	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Разнотравно-злаковая	45	30	35	75	80	85	75	60	40	30	5	10	0	5	5	0	0	0
Хвошево-разнотравная	5	10	5	5	5	5	10	5	10	5	5	5	5	5	0	0	0	0

При анализе продуктивности травяно-кустарничкового яруса выяснено, что наибольшая масса (91,0–317,1 г/м²) растений травяно-кустарничкового яруса, как и следовало ожидать, зафиксирована в наиболее разреженных секциях (1–5) с густотой древостоя 0,2–0,8 тыс. шт./га. При указанной густоте древесного яруса отмечена не столько лесная, сколько типично луговая растительность. Среди указанных секций 4-я с густотой 0,7 тыс. шт./га отличается более низкой (в 2–3 раза) фитомассой. Данный факт можно объяснить наличием биогрупп лиственницы, занимающих 5–10% пробной площади, где продуктивность напочвенного покрова значительно ниже, чем при равномерном размещении деревьев (секции 1, 2, 3, 5). В секциях с густотой древостоя выше 1,3 тыс. шт./га (секции 6–18) фитомасса растений травяно-кустарничкового яруса варьирует от 0,1 до 15,8 г/м. Следует отметить, что в пределах этих секций четкой зависимости продуктивности напочвенного покрова от густоты древостоя не зафиксировано. Это связано, вероятно, с тем, что в более густых секциях отпад деревьев был больше, что привело к образованию окон в пологе древостоя. Наличие больших по площади окон (более чем 2 x 2 м) обуславливает большую продуктивность напочвенного покрова по сравнению с секциями с относительно равномерным размещением деревьев.

Продуктивность отдельных видов растений варьирует от 0,01 и менее до 301,2 г/м². В наиболее густых молодняках (секции 16–18) с густотой свыше 10,2 тыс. шт./га виды с фитомассой менее 5 г/м² составляют 100%.

Таким образом, разнотравные молодняки лиственницы сибирской существенно различаются по составу, структуре и фитомассе напочвенного покрова. С увеличением густоты древостоя достоверно уменьшаются видовое разнообразие, проективное покрытие и продуктивность травяно-кустарничкового яруса, изменяется парцеллярная структура и спектр наиболее продуктивных видов. Наибольшая масса (91,0–317,1 г/м²) растений травяно-кустарничкового яруса зафиксирована при густоте древостоя 0,2–0,8 тыс. шт./га. Продуктивность отдельных видов растений варьирует от 0,01 и менее до 301,2 г/м². При густоте молодняков более 0,7 тыс. шт./га характер размещения деревьев по площади влияет на продуктивность травяно-кустарничкового яруса в большей степени, чем фактическая густота древостоев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Банникова И.А. Влияние древесной и кустарниковой растительности на развитие нижних ярусов лесных биогеоценозов. М.: Наука, 1967. 103 с.
2. Карасева М.А. Влияние густоты насаждения на рост и семенную продуктивность лиственницы сибирской // Современные проблемы учета и рационального использования лесных ресурсов: матер. докл. регион. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения д. с.-х. н., проф. М.Л. Дворецкого. Йошкар-Ола, 1998. С. 146–147.
3. Лебедева В.Х., Тиходеева М.Ю., Инатов В.С. Влияние древесного полога на виды напочвенного покрова в ельнике чернично-зеленомошном // Бот. журн., 2005, 90, 3. С. 400–410.
4. Тимофеев В.П. Влияние густоты насаждений на их продуктивность // Доклады ТСХА, 1957, XXXI. С. 215–220.
5. Тимофеев В.П. Опыт выращивания лиственницы при разной густоте посадки // Изв. ТСХА, 1959, 2. С. 123–140.
6. Тимофеев В.П. Лесные культуры лиственницы. М.: Лесная пром-ть, 1977. 216 с.
7. Яблоков А.С. Культура лиственницы и уход за насаждениями. М.: Гослестехиздат, 1934. 127 с.
8. Яблоков А.С. Рост лиственничных насаждений высшей производительности на Южном Урале // Физико-механические свойства древесины, 1934, вып. 3. С. 46–52.

ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

А.Н. ГРИДНЕВ^{1,2}, Н.Ф. ОВЧИННИКОВА³, Л.С. МАМЕДОВА¹

¹Приморская государственная сельскохозяйственная академия, Уссурийск (gridnevAN1956@mail.ru)

²Горнотаежная станция ДВО РАН, с. Горно-Тажное

³Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (nf@ksc.krasn.ru)

INTRASPECIFIC VARIATION AND FORESTRY

A.N. GRIDNEV^{1,2}, N.F. OVCHINNIKOVA³, L.S. MAMEDOVA¹

¹Primorskaya State Academy of Agriculture, Ussuriysk (gridnevAN1956@mail.ru)

²Mountain-Taiga Station FEB RAS, Mountain-Taiga

³V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (nf@ksc.krasn.ru)

Проблема качественного воспроизводства лесных ресурсов на региональных уровнях весьма актуальна. Неблагоприятная ситуация, сложившаяся за последние полвека с дальневосточными кедрово-широколиственными лесами, особенно остро складывается на юге Приморского края, где в результате интенсивной хозяйственной деятельности сформировались производные малопродуктивные насаждения. Единственный короткий путь восстановления и обогащения этих лесов – создание искусственных посадок. Но на сегодняшний день лесокультурные мероприятия на Дальнем Востоке не имеют определенных целей и слабо обоснованы. При имеющихся условиях для создания лесных плантаций с длительностью оборота хозяйства 30–40 лет при приросте 6–10 м³ га⁻¹ в год частным предприятиям не обойтись без помощи государства [1].

Государственное планирование лесовосстановительных работ в Приморском крае осуществлялось с конца 40-х гг. прошлого века [6]. С того времени создано около 250 тыс. га искусственных посадок, большую часть которых составили культуры кедр корейского (*Pinus koraiensis* Siebold. et Zucc.). Анализ литературы [2] показал, что опыт создания лесных культур на юге Приморского края обобщен не полностью. Особый интерес представляют посадки одного вида из разных географических мест в одном пункте, в одинаковых условиях произрастания – географические культуры, которые позволяют ставить и решать новые научные и практические вопросы.

По согласованию с Приморским и Хабаровским управлениями лесами на кафедре лесных культур Приморской государственной сельскохозяйственной академии (ПГСХА) под руководством ее заведующего И.А. Павленко в 1998 г. была начата работа по созданию географических культур кедр корейского в Приморье. Посадочный материал был выращен в питомнике Хабаровского селекционно-семеноводческого центра из семян, собранных в 20 лесхозах: начиная с южных до северных районов Приморского края, северо-восточных районов Хабаровского края и северо-западных Еврейской АО.

В мае 2003 г. свыше 9 тыс. 4-летних кедров перевезли и высадили в Уссурийском районе в питомнике бывшего Учебно-опытного лесхоза ПГСХА (ныне лесной участок ФГБОУ ВО ПГСХА). Посадку проводили рядами по схеме 1,5 x 1,0 м с учетом места сбора семян. В 2009 г. в вариантах (по происхождению семян) случайным образом отобрали от 58 до 100 шт. кедров. У всех определили общую высоту и длину годичного прироста центрального побега, диаметр у корневой шейки.

Анализ данных показал, что в 6-летних посадках высота (H) всех обследованных кедров колебалась от 0,5 до 2,2 м. Средняя H по вариантам возрастала от 1,2 до 1,6 м (рис.). Крайние значения достоверно различны ($t_{st} = 8$). Средняя H всей выборки – $1,4 \pm 0,01$ м. В вариантах коэффициенты вариации [8] H находились в пределах от 13 до 29%. В 2009 г. абсолютные величины верхушечного роста были от 10 до 65 см. От общей H отдельных экземпляров прирост в последний год составлял 10–54%. Средний годичный прирост в посадках – $31,5 \pm 0,20$ см. Лидирующими по высоте оказались посадки кедр корейского, выращенного из семян, собранных в Обдорском лесхозе, что совпало с результатами, полученными в географических культурах Хабаровского края [4].

Коэффициент вариации диаметра ствола у корневой шейки (D) 10-летнего кедр в зависимости от места сбора семян колебался от 11 до 27% при изменении абсолютных величин от 2,1 до 8,3 см. При этом среднее значение D всей выборки равнялось $4,9 \pm 0,02$ см. В 12 вариантах из 20 средние значения D были равны или выше определенной величины. Наибольшая толщина у корневой шейки была в варианте с посадочным материалом, выращенным из собранных в Хехцирском лесхозе семян (рис.). Корреляционный анализ всей выборки (1734 шт.) показал среднюю функциональную зависимость высоты кедр и диаметра ствола у корневой шейки ($r = 0,7$) в 10-летнем возрасте.

В 2015 г. обследование посадок показало, что в Уссурийском районе Приморского края на территории лесного участка ПГСХА кедр корейский разного географического происхождения хорошо развит. Имеются единичные шишки. В несомкнувшихся посадках 4 ноября отмечен третичный рост боковых побегов. В отличие от вторичного роста, характерного для хвойных [5], указаний на

возможность закладки двух почек и их раскрытие в течение одного сезона у кедров корейского в литературе не найдено.

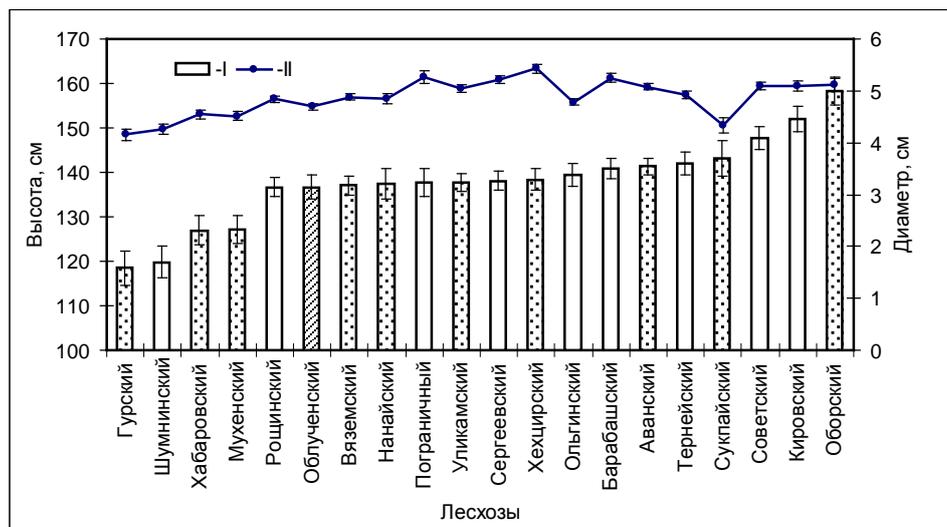


Рис. Средняя высота (I) и средний диаметр ствола у корневой шейки (II) *Pinus koraiensis* Siebold. et Zucc. с ошибками средних значений в 6-летних посадках на юге Приморского края в вариантах происхождения семян: Приморский край – столбики без штриховки, Хабаровский край – штриховка точечная, Еврейская АО – косые линии

Мы придерживаемся мнения, что вид необходимо рассматривать как систему, объединяющую варианты строения индивидов и типов их поведения, в отличие от морфологических и эколого-физиологических описаний, рассматривающих вид как нечто однородное, а организмы, его представляющие, как случайные реализации единого общевидавого типа. Необходимо дифференцировать варианты (как обратимые, так и необратимые) морфологической изменчивости (полиморфизм) и изменчивости поведения (полиреактивность) особей одного вида [7]. Для этого важно сохранение уникальных объектов исследований, продолжение их изучения как классическими методами наблюдений, так и методами молекулярной генетики. Полученные результаты должны способствовать сохранению биоразнообразия древесных растений и интенсификации лесного хозяйства. Внутривидовая изменчивость влияет на устойчивость и производительность сообществ [3], что необходимо учитывать при проведении лесохозяйственных мероприятий, плантационной и лесокультурной деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев А.Ю. Перспективы интенсивного развития лесного комплекса в условиях Дальневосточного федерального округа // Аграрный вестник Приморья, 2014, 1. С. 19–22.
2. Гриднев А.Н., Мамедова Л.С. К вопросу о методике изучения состояния лесных культур кедров корейского на юге Приморского края // Аграрный вестник Приморья, 2014, 1. С. 51–54.
3. Динамика популяционных генофондов при антропогенных воздействиях / под. ред. Ю.П. Алтухова. М.: Наука, 2004. 619 с.
4. Корякин В.Н., Романова Н.В., Дидиченко Ю.В. Рост культур кедров корейского на северо-западной границе ареала // Природные ресурсы и экология Дальневосточного региона: матер. междунар. науч.-практ. форума. Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2013. С. 106–108.
5. Кузнецова Г.В. Особенности роста и развития кедровых сосен на лесосеменных объектах Средней Сибири: дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 2001. 244 с.
6. Перевертайло И.И. Руководство по проведению лесовосстановительных работ на Дальнем Востоке. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 2003. 142 с.
7. Романовский М.Г., Щекалева Р.В. Система вида у лесных растений. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 212 с.
8. Урбах В.Ю. Биометрические методы. М.: Наука, 1964. 415 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ В МОНИТОРИНГЕ И ЗАЩИТЕ ЛЕСНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ СИБИРИ

И.Д. ГРОДНИЦКАЯ, Н.Д. СОРОКИН, О.Э. КОНДАКОВА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (igrod@ksc.krasn.ru)

THE USE OF MICROORGANISMS IN MONITORING AND PROTECTION OF FOREST PHYTOCENOSES OF SIBERIA

I.D. GRODNITSKAYA, N.D. SOROKIN, O.E. KONDAKOVA

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (igrod@ksc.krasn.ru)

В условиях континентального климата Средней Сибири биодинамика почв недостаточно изучена. В этой связи особенно актуальной и важной становится микробиологическая диагностика и, на ее основе, микробиологический мониторинг почв антропогенно загрязненных и нарушенных природных, а также искусственно созданных (лесопитомники, интродуцированные лесные культуры) лесных экосистем. Лесные экосистемы, подверженные промышленным загрязнениям, находятся под влиянием долговременного стрессового фактора, вызывающего 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 [3, 4].

Микробиологический мониторинг, основанный на использовании отдельных видов микробных сообществ или природных закономерностей и их сочетаний в качестве индикаторов, не только предполагает выявление элементов слежения (индикаторов) за состоянием экосистем, но и включает в себя целенаправленное воздействие на них (биовосстановление) [2, 3]. Как биоиндикатор микробное сообщество, самый чуткий показатель почвенно-химических условий, способно дать интегральную оценку состояния почвенного покрова и экосистемы в целом. С использованием высокой чувствительности микроорганизмов к изменениям окружающей среды становится возможным проведение ранней диагностики и прогноз как негативных, так и позитивных изменений в экосистеме. 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]. Следовательно, развитие микробиологического мониторинга тесно связано с созданием системы управления и качеством природной среды [2, 3].

Целью исследований являлась оценка состояния антропогенно загрязненных и нарушенных почв в естественных и искусственно созданных (лесопитомники) лесных экосистемах Сибири на основе комплексного микробиологического мониторинга; обоснование эффективности восстановления деградированных почв и защиты растений с помощью микробных агентов.

В результате многолетних исследований микробиоценозов нарушенных и загрязненных почв лесных экосистем Сибири изучен характер функционирования микробных сообществ под антропогенными нагрузками и выявлены наиболее адекватные микробные индикаторы, с помощью которых можно провести 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.

Объектами исследований были микробные сообщества почв лиственничника мертвопокровного Погорельского бора (40 км от г. Красноярска) и лесопитомников Красноярского края и Республики Хакасии.

В лиственничнике мертвопокровном (ОЭХ ИЛ «Погорельский бор») на темно-серых почвах в модельных природных экспериментах исследовали влияние фтор- и серосодержащих соединений и тяжелых металлов (имитация промышленных выбросов предприятий Красноярска) на состояние микробных сообществ. Определяли буферные возможности почвы и устойчивость микробиоценозов каждого участка к воздействию Na_2SO_3 , NaF, $\text{Na}_2\text{SO}_3+\text{NaF}$ и $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, NiSO_4 . Варьировали концентрации загрязнителей и частоту обработки участков. Установлено влияние различных доз (ПДК) на активность и численность эколого-трофических групп микроорганизмов (ЭТГМ), ферментативную активность (ФА), значения микробной биомассы (МБ) и базального дыхания (БД). При однократном внесении высоких концентраций загрязнителей Na_2SO_3 , NaF, $\text{Na}_2\text{SO}_3+\text{NaF}$ (30, 150 и 300 ПДК) общая биологическая активность почвенных микробиоценозов снижалась (суммарная численность ЭТГМ, ФА, МБ), но из-за подкисления почвы увеличивалось число микромицетов. К концу вегетации, с ослаблением

действия поллютантов и снижением кислотности почвы, общая суммарная численность микроорганизмов восстанавливалась. Ежемесячная обработка почв более низкими дозами загрязнителей увеличивала почвенную буферность и способствовала возрастанию численности основных ЭТГМ (в 4–16 раз), которые быстро адаптировались к поллютантам. Наиболее чувствительными к обработке фтористыми и сернистыми солями оказались споровые бактерии р. *Clostridium*, численность которых изменялась в зависимости от доз поллютантов. Концентрации солей в 100 ПДК, а особенно их смеси, существенно снижали количество клостридий по сравнению с контролем (100 ПДК $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{NaF} - 30$, контроль – 4700 КОЕ/г почвы). Реакция популяции р. *Clostridium* на загрязнение наглядно отражает взаимосвязь «доза – эффект». Ферментативная активность (каталаза, инвертаза, протеаза и уреазы) почвы участков листовничника мертвопокровного достоверно снижалась после внесения высоких доз загрязнителей (100, 150 и 300 ПДК). В течение двух лет наблюдений количество каталазы уменьшилось в 1,2–2,2 раза, протеазы – в 1,3 раза, уреазы – в 1,9–2,7 раза по сравнению с контролем. Дыхательный отклик микробных сообществ (МБ, БД, $q\text{CO}_2$) на внесение поллютантов зависел от их концентрации. Повышенные «залповые» дозы существенно снижали МБ (150 и 300 ПДК), увеличивали дыхание (БД) и $q\text{CO}_2$. При ежемесячных обработках почвы натрием более низких концентраций (10, 30, 50 ПДК) отмечали увеличение МБ только после первого внесения. Дальнейшая обработка достоверно снижала МБ (в 2–5 раз). К концу вегетационного периода функционирование микробных сообществ стабилизировалось, величины $q\text{CO}_2$ стали сравнимы с таковыми в начале опыта. После внесения в почву тяжелых металлов в количестве 10, 25 и 50 ПДК значения $q\text{CO}_2$ приходят к состоянию экофизиологической нормы функционирования микробсообществ только через год.

Многолетние исследования почв в лесных питомниках Красноярского края и Республики Хакасии показали, что систематические агротехнические мероприятия, включающие химическую обработку почв, существенно изменяют условия развития микроорганизмов, что отражается на напряженности биодинамических процессов и активности почвенных ферментов. В конечном итоге это приводит к уменьшению питательных элементов (органических и минеральных), нарастанию олиготрофности и истощению агропочв. Отмечено, что во всех питомниках активность микробных сообществ менялась в зависимости от особенностей агротехнических приемов возделывания почв. Применение различных пестицидов приводит к гибели многих сапротрофных групп микроорганизмов, в то время как патогенные формы приобретают высокую резистентность к ним и занимают освободившиеся вакантные ниши. В лесных питомниках концентрация на единице площади большого количества растений (до 1,5–2 млн шт./га) одного вида и возраста увеличивает риск возникновения и распространения инфекционных заболеваний. Выращивание посадочного материала хвойных в условиях монокультуры приводит к изменению частоты встречаемости общих с целинными почвами аборигенных форм микроорганизмов в сторону увеличения количества популяций фитопатогенных грибов по сравнению с аналоговой почвой. В почвах питомников возрастает численность патогенных и токсинообразующих форм грибов (рр. *Fusarium*, *Alternaria*) и бактерий (рр. *Corynebacterium*, *Mycobacterium*), которые легко могут переходить от сапротрофного образа жизни к паразитарному, особенно на корнях семян. Индикатором стрессового состояния почвенного микробсообщества является снижение микробной биомассы (МБ) на фоне увеличения базального дыхания (БД) и микробного метаболического коэффициента ($q\text{CO}_2$).

Оценка фитосанитарного состояния насаждений имеет важное практическое значение, так как выявление заболеваний на ранних стадиях способствует своевременному принятию соответствующих мер, увеличивающих сохранность растений. При диагностике лесорастительной оценки и фитосанитарного состояния почв лесопитомников специфическими показателями являются коэффициент микробной сукцессии ($K_{\text{СУКЦ}}$), значения которого снижаются по мере эксплуатации агропочв питомников, соотношение фитопатогенных и сапротрофных форм микроорганизмов (Ф/С). Возникновение заболеваний семян в питомниках тесно связано с состоянием почвенного микробсообщества, что наглядно демонстрирует увеличение значений микробного метаболического коэффициента ($q\text{CO}_2$) на фоне интенсивного развития инфекционных болезней. Таким образом, при антропогенных воздействиях на почвы фитосообществ микробиологические индикаторы позволяют как проводить диагностику исследуемой системы, так и прогнозировать ее дальнейшее развитие.

Микробные комплексы перспективны не только в биоиндикации, мониторинге и повышении лесорастительной продуктивности, но и в биовосстановлении загрязненных и деградированных почв. Внесенные в агроценозы лесопитомников бактерии рр. *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Streptomyces* и грибы р. *Trichoderma*, обладающие антагонистической способностью, снижали численность фитопатогенных микромицетов (*Fusarium*, *Verticillium*, *Cladosporium*, *Phytium*, *Rhizoctonia*) в 2,5–3,5 раза, увеличивали индекс подавления заболеваний (133%), повышали продуктивность и выход здоровых семян хвойных (30–50%). В целом микробы-антагонисты способствовали восстановлению нативной почвенной микробиоты за счет повышения видового разнообразия бактерий и микромицетов сапротрофного комплекса и подавления численности фитопатогенов. Снижая уровень инфекционного полегающего

сеянцев хвойных, микробные агенты тем самым улучшали фитосанитарное состояние агропочв питомников и увеличивали выход качественного лесопосадочного материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ананьева Н.Д.* Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв. Москва: Изд-во «Наука», 2003. 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., 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.
4. *Чжан С.А., Пузанова О.А.* Почва – неотъемлемый компонент наземного биогеоценоза // Актуальные проблемы лесного комплекса. Сб. науч. тр. Брянск, 2006, вып. 15. С. 129–132.

СТРУКТУРА ОПУШКИ И МОБИЛЬНОСТЬ ГЕРПЕТОБИОНТНЫХ ЖЕСТКОКРЫЛЫХ НА ГРАНИЦЕ ЛЕСА

А.В. ГУРОВ¹, Н.Н. ГУРОВА², С.А. АСТАПЕНКО³

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (gurov@ksc.krasn.ru)

²Сибирский федеральный университет, Красноярск (nina-guro@mail.ru)

³Центр защиты леса Красноярского края, Красноярск (forest_les@mail.ru)

THE STRUCTURE OF FOREST BORDER AND HERPETOBIONT COLEOPTERA MOBILITY ACROSS THE FOREST BOUNDARY

A.V. GUROV¹, N.N. GUROVA², S.A. ASTAPENKO³

¹V.N. Sukachev Institute of forest SB RAS, Krasnoyarsk (gurov@ksc.krasn.ru)

²Siberian Federal University, Krasnoyarsk (nina-guro@mail.ru)

³Krasnoyarsk regional center of forest protection, Krasnoyarsk (forest_les@mail.ru)

Представляя опушку как полосу леса, расположенную по границе с беслесным пространством [3], следует учитывать, что в опушечные условия обязательно попадают участки открытого пространства, где уже имеется подрост и другие лесные элементы, но лесной среды еще не отмечается [7]. При зарастании пустошей самосев древесных пород постепенно увеличивает зону «проникновения» леса на открытые участки, но еще до начала условия лесовозобновления показывает распределение лесных подстилочных (герпетобийных) членистоногих [4]. Как правило, в естественных условиях лесной зоны заброшенные человеком открытые участки сельскохозяйственных угодий успешно заселяются древесной растительностью, восстанавливая прежний ареал. При этом восстановление начинается, по-видимому, с проникновения наиболее подвижных лесных компонентов (например, лесных членистоногих) на прилегающие участки. В этой ситуации значительную роль играет структура опушки [8]. В пределах опушечных полос элементы лесной среды «проникают на открытые участки и, наоборот, представители открытых местообитаний проникают под полог леса. То есть пограничные полосы смежных участков как бы накладываются друг на друга... Опушка – скорее не буфер (барьер), который ничего не пропускает, а фильтр, избирательно... пропускающий в лес и выпускающий из леса элементы среды смежных биотопов» [2, с. 12]. При этом в случае лесной сукцессии опушка начинает все явственнее принимать асимметричную форму с преобладанием новой, молодой лесной части [4, 8]. Появляется вопрос, насколько фрагментарное проникновение лесной растительности (самосева, подростка, кустарников и пр.) на открытые участки в приопушечной зоне влияет на распределение членистоногих.

Урочище Шивера (Юкеевское лесничество Большемуртинского мехлесхоза) послужило в 1988–1993 гг. одной из базовых точек наблюдений Юкеевского энтомологического отряда Института леса. Основным объектом исследований были выбраны бывшие сенокосные угодья в зоне южной тайги правобережья Енисея (56° 54' с. ш., 93° 31' в. д., 350 м н. у. м.). Открытый участок использовали под сенокос (механическое сенокошение) с резко

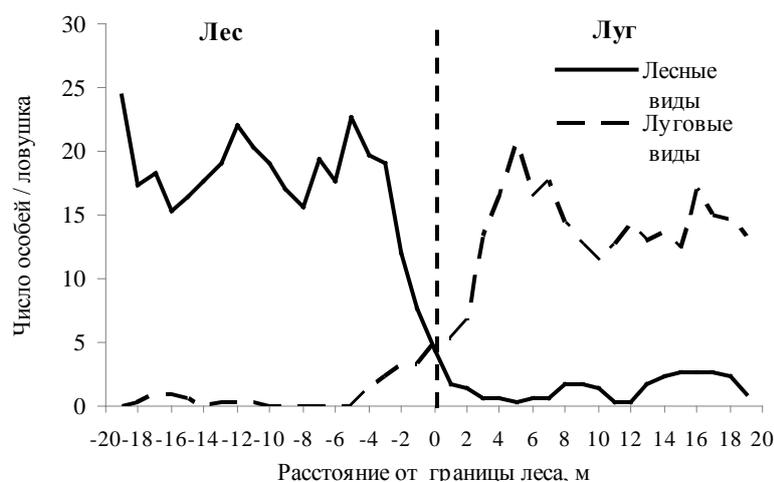


Рис. 1. Распределение лесных и луговых комплексов жуков (Coleoptera, Carabidae) по отношению к границе леса

незначительной примесью пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) были проложены 4 трансекты почвенных ловушек. Две трансекты пересекали поперек нетронутую после забрасывания сенокоса опушку, две другие пересекали также поперек зону, где 10-метровая по ширине (10 x 4 м) полоса

поддерживаемыми опушечными границами до 1987 г., затем начался процесс вторичной лесовосстановительной сукцессии [4, 5, 6]. Оказалось, что продвижение подростка на заброшенные сенокосные угодья достаточно хорошо ассоциируется с продвижением членистоногих, и наоборот. В связи с этим был поставлен эксперимент для выявления воздействия структуры опушки на распределение членистоногих.

На опушке вторичного осинника (*Populus tremula* L.) с

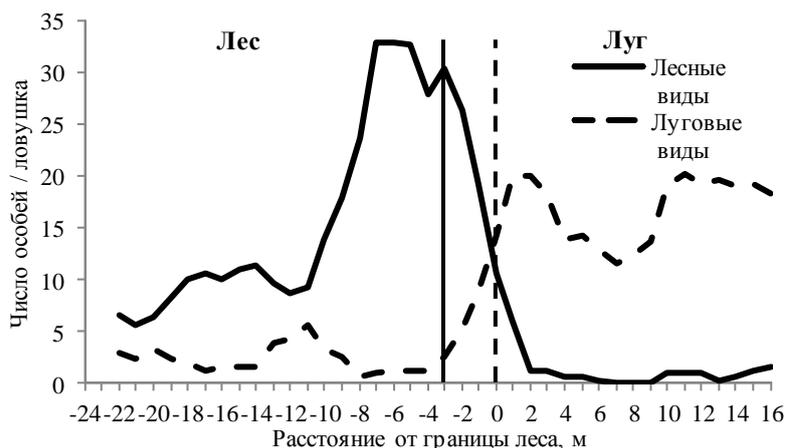


Рис. 2. Распределение лесных и луговых комплексов жужелиц (Coleoptera, Carabidae) по отношению к «старой» границе леса при вырубке молодых приопушечных насаждений. Пунктирная линия (0) – современная опушка молодняка, сплошная линия (-3) – старая опушка взрослых деревьев

приопушечных кустарников и подростка была вырублена до «старой опушки», составленной взрослыми деревьями. Расстояние между просеками составляло 20 м. Трансекты представляли собой ряды из 41 ловушки (20 в лес, 20 на луг и нулевая в центре) с метровым интервалом между ними. В качестве ловушек использовались пластиковые стаканчики объемом 250 мл и диаметром горловины 65 мм. Чтобы не снижать численность отлавливаемых насекомых, фиксирующая жидкость не использовалась; при проверке жужелицы определялись в натуральном виде и выпускались вблизи места отлова. Отловы были произведены с 15 июля по 14 августа 1990 г.

Результаты эксперимента показали наличие четкой чувствительности жужелиц к структуре опушечных условий. В контроле, без вырубке приопушечного окаймления, обе группы жесткокрылых (лесные и луговые), практически не давая пиков, начинали довольно плавно снижать свою численность за 3–5 м от нулевой линии ловушек с обеих сторон. Далее проникновение лесных видов на луг и наоборот незначительно (рис. 1).

Такое распределение группировок-комплексов отмечалось в течение нескольких сезонов в 500 м от точки данного эксперимента [4, 5]. Вырубка приопушечного окаймления («расчистка прохода») тут же привела к приближению луговой группировки к опушке и к появлению «пика ожидания» у лесных видов (рис. 2). Лесная группировка при наличии вновь образовавшегося прохода на открытое пространство как бы приостановилась, дав пик численности у старой границы леса.

Таким образом, подтверждается чувствительность жужелиц к изменению обстановки и возможность их использования в качестве индикаторов лесорастительных условий [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуров А.В., Гурова Н.Н., Батмисту А. Герпетобионтные жесткокрылые как индикаторы лесорастительных условий // Эколого-географические аспекты лесообразовательного процесса: матер. Всерос. конф. с междунар. участием. Красноярск: Ин-т леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2009. С. 370–373.
2. Гуров А.В., Шишкин А.С. Лесные опушки: Что мы о них знаем? // Биология в школе, 2009, № 9. С. 9–13.
3. Лесная энциклопедия: в 2 т., т. 2. М.: Сов. энциклопедия, 1986. 631 с.
4. Gourov A.V. Territorial mosaic and the problem of boundaries (In case of secondary succession) // Landscape ecology – Ecologia del paesaggio: Atti del XXXI Corso di Cultura in Ecologia. Padova (Italy): Dipartimento Territorio e Sistemi Agroforestali, Università degli Studi di Padova, 1994. P. 97–117.
5. Gourov A., Godron M., Loshchev S. Overlap in distribution of forest and meadow insects species in mesoecotones. I. Epigeic beetle assemblages (Coleoptera: Carabidae, Silphidae) // Écologie (France), 2000, 30 (3): 165–175.
6. Gourov A., Godron M., Loshchev S. Overlap in distribution of forest and meadow insect species in mesoecotones. II. Assemblages of soil-inhabiting wireworms (Coleoptera: Elateridae) // Écologie (France), 2000, 30 (3): 177–186.
7. Gourov A., Torta G., Julien J. Role of boundaries in the regeneration of fragmented landscape: forest fragmentation in ecologically and economically different regions // Tendances Nouvelles en Modélisation pour l'Environnement. Proc. Les Journées du Programme Environnement, Vie et Sociétés. Paris: CNRS, 1995. P. 167–170.
8. Torta G., Gourov A. Effect of border structure on interchange of epigeic arthropod communities between abandoned fields and adjacent woodlands // Proceedings. XX International Congress of Entomology. Florence, Italy, August 25–31, 1996. Florence, 1996. P. 609.

МЕТОДЫ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ В ХОДЕ ЛЕСОЗАГОТОВОК НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ В СВЕТЕ КОНЦЕПЦИИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСОВ

Д.М. ДАНИЛИНА², В.В. СОЛДАТОВ¹, М.Н. ЯГУНОВ¹, Д.И. НАЗИМОВА², Н.В. СТЕПАНОВ³, Е.В. БЫКОВА-САШКО¹

¹Центр защиты леса Красноярского края, Красноярск (czl124@rcfh.ru)

²Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (dismailova@mail.ru)

³Сибирский федеральный университет, Красноярск (stepanov-nik@mail.ru)

METHODS OF BIODIVERSITY PROTECTION DURING LOGGING IN THE KRASNOYARSK TERRITORY UNDER FOREST USE INTENSIFICATION CONCEPTION

D.M. DANILINA², V.V. SOLDATOV¹, M.N. YAGUNOV¹, D.I. NAZIMOVA², N.V. STEPANOV³, YE.V. BYKOVA-SASHKO¹

¹Krasnoyarsk Center of Forest Health, Krasnoyarsk (czl124@rcfh.ru)

²V.N. Sukachev Institute of Forest SB RASC, Krasnoyarsk (dismailova@mail.ru)

³Siberian Federal University, Krasnoyarsk (stepanov-nik@mail.ru)

Устойчивое использование природных ресурсов предполагает использование компонентов биологического разнообразия, способы и темпы которого не приводят в долгосрочной перспективе к истощению воспроизводственного биологического потенциала, сохраняя его способность удовлетворять потребности нынешнего и будущих поколений [5]. Для обеспечения принципов устойчивого и неистощительного лесопользования при реализации экономической модели интенсивного использования и воспроизводства лесов на территории Российской Федерации [4] требуется внесение целого ряда дополнений в существующие лесохозяйственные нормативы, а также развитие специальных природоохранных мероприятий, предусматривающих формирование перечня объектов с особым режимом хозяйственной деятельности, которые являются редкими, особо уязвимыми или ценными по различным причинам.

Разработанная в 2015 г. Концепция интенсивного использования и воспроизводства лесов Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации (далее Концепция) включает специальные требования по сохранению элементов биоразнообразия лесов и проведение мероприятий по приближению динамики коммерческих лесов к естественной [4]. В свете реализации Концепции вызывает озабоченность предложенное в документе снижение возрастов рубок лесных насаждений. Растущие потребности в хвойной древесине предполагается восполнить за счет рубки прироста насаждений, что может идти вразрез с главными принципами лесопользования: непрерывностью и неистощительностью.

Предполагается, что переход на интенсивную модель использования лесов в регионах будет проводиться с учетом зонирования территории, зонально-типологических особенностей района, специфики лесообразовательного процесса и подбора ключевых полигонов для ее апробации. Согласно мнению специалистов [1], нормативы в зоне интенсивного лесопользования должны учитывать специфику лесных районов страны, а внутри них – лесорастительные условия, особенности лесовосстановительных процессов и ряд других факторов, определяющих конкретные параметры тех или иных нормативов по использованию, воспроизводству, охране и защите лесов.

В Концепции предложены три группы объектов с особым режимом хозяйственной деятельности, которые хорошо согласуются с категориями ключевых местообитаний и объектов, выделенных в Методических рекомендациях по сохранению биоразнообразия в процессе заготовки древесины на территории Красноярского края [2, 3]:

- категории участков, выполняющих особые экологические и средообразующие функции либо важные для сохранения биоразнообразия, хозяйственное пользование в которых в полном объеме может привести к необратимым или долгосрочным отрицательным изменениям (соответствуют ключевым местообитаниям согласно Методике);

- категории участков размера выдела и более, важные прежде всего для сохранения биологического разнообразия территории, предназначенные для сохранения ключевых местообитаний специализированных, уязвимых, редких и охраняемых видов, а также биологически ценных (редких, уязвимых, эталонных) экосистем (соответствуют ключевым местообитаниям согласно Методике);

- охраняемые участки небольшой площади или отдельные объекты в лесу, рубка в которых не проводится (соответствуют ключевым объектам согласно Методике).

Методика сохранения биоразнообразия при лесозаготовительных работах для Красноярского края разработана авторским коллективом [2, 3] с учетом концепции ключевых биотопов (местообитаний),

принятой в европейских странах (Финляндия, Швеция, Норвегия) с интенсивным ведением лесного хозяйства. В Скандинавии Концепция лесных ключевых биотопов внедрена в практику ведения лесного хозяйства в начале 1990 г. как основная мера по сохранению биоразнообразия лесных экосистем в хозяйственно освоенных лесах [6–8]. Выделение ключевых местообитаний и объектов в ходе лесопользования позволит сохранить наиболее ценные участки лесных экосистем с высоким уровнем биоразнообразия. В составе ключевых местообитаний и объектов сохраняются участки леса, которые обеспечивают повышение устойчивости лесных экосистем, более быстрое восстановление после нарушений, усиление средообразующих защитных и ландшафтостабилизирующих свойств лесных массивов. Среди ключевых местообитаний сохраняются также малоценные с точки зрения лесной промышленности деревья, заболоченные участки леса, участки леса на крутых склонах, вокруг водных объектов.

Методические рекомендации по сохранению биоразнообразия в ходе заготовки древесины на территории Красноярского края были разработаны для двух модельных полигонов (Нижнее Приангарье и Западный Саян), вовлеченных в активное лесопользование. Поскольку диапазон лесорастительных условий на территории края, уровня биоразнообразия, представленности редких, охраняемых видов в лесорастительных зонах конкретных типов леса необычайно широк, необходимо провести уточнение списка ключевых местообитаний и перечня краснокнижных видов для каждого лесного района. После данной работы и согласования с заинтересованными сторонами станет возможным нормативное утверждение методики на уровне всего региона.

В настоящее время в Лесном плане Красноярского края и лесохозяйственных регламентах лесничеств не встречается описаний, типологии и рекомендаций по выделению понятия ключевых объектов, ключевых биотопов и потенциальных местообитаний видов. В документы лесного планирования Красноярского края включены только существующие и проектируемые ООПТ. Таким образом, для реализации Концепции интенсификации использования лесов на территории Красноярского края необходимо нормативно закрепить требования по сохранению биоразнообразия при заготовках древесины на региональном уровне.

В ходе проведения обширных консультаций с представителями разных заинтересованных сторон (государственные и неправительственные экологические организации, представители лесного бизнеса, органы по сертификации, органы по управлению лесами) получены комментарии к методикам, которые можно условно разделить на следующие группы: замечания по отсутствию нормативного обеспечения, отсутствию системы контроля или недостаточному финансовому обеспечению, замечания к недостаточной квалификации кадров. Существенной проблемой внедрения методики оказалась острая нехватка квалифицированных кадров в решении вопроса соблюдения экологических требований при лесохозяйственных и лесозаготовительных работах как в лесозаготовительных предприятиях, так и в лесничествах.

Внедрение в практику разработанных подходов сохранения биоразнообразия будет учитывать интересы различных социальных групп населения, а также субъектов лесопользования к эксплуатации лесных ресурсов в целях минимизации ущерба экологическим характеристикам и биоразнообразию лесов. Применение методов с учетом доработки будет способствовать развитию инициативы лесопромышленных предприятий по предотвращению ущерба биоразнообразию.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 *Бондарев А.И., Онучин А.А., Читоркин В.В., Соколов В.А.* О концептуальных положениях интенсификации использования и воспроизводства лесов в Сибири // *Лесной журнал*, 2015, № 6. С. 25–34.
- 2 *Исмаилова Д.М., Солдатов В.В., Степанов Н.В., Назимова Д.И., Зырянова О.А., Петрченко Н.В.* Практическое руководство по сохранению биоразнообразия в процессе заготовки древесины на территории Красноярского края. Красноярск, 2012.
- 3 *Исмаилова Д.М., Солдатов В.В., Гостева А.А., Назимова Д.И., Бабой С.Д., Степанов Н.В., Буда Т.Л., Ягунов М.Н.* Методические рекомендации по сохранению биологического разнообразия в процессе заготовки древесины на территории Красноярского края: монография. Красноярск, 2012. 96 с.
- 4 Концепция интенсивного использования и воспроизводства лесов. СПб.: ФБУ «Санкт-Петербургский НИИ лесного хозяйства», 2015. 16 с.
- 5 Convention on biological diversity. Concluded at Rio de Janeiro on 5 June 1992. 83 p.: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cbd.int/convention/text/default.shtml>.
- 6 *Hansson L.* Key habitats in Swedish managed forests. *Scand. J. For. Res. Suppl.*, 2001, № 3. Pp. 52–61.
- 7 *Rydgren B., Kylkorpi L., Bodlund B.* Experiences from five years of using the biotope method, a tool for quantitative biodiversity impact assessment. *Impact Assessment and Project Appraisal*, vol. 23, № 1, March 2005. Pp. 47–54.
- 8 *Sverdrup-Thygeson A.* Key habitats in the Norwegian production forest: a case study. *Scand. J. For. Res.*, 2002, № 17. Pp. 166–178.

ВЕРИФИКАЦИЯ МЕТОДИКИ «СПОК» ПО ОЦЕНКЕ НЕИСТОЩИТЕЛЬНОСТИ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ

Н.М. ДЕБКОВ

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск (nikitadebkov@yandex.ru)

«SPOK» TECHNIQUES VERIFICATION IN FOREST MANAGEMENT SUSTAINABILITY ASSESSING

N.M. DEBKOV

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk (nikitadebkov@yandex.ru)

На рассматриваемый метод расчета нормы лесопользования в большинстве своем можно распространить критику существующих подходов к исчислению расчетных лесосек. В новом методе по-прежнему нет экономики и эффективности хозяйственных мероприятий и их влияния на размер пользования в количественной и качественном отношении. Отсутствуют пространственный анализ размещения лесосечного фонда (имеется в виду, как минимум, соблюдение правил примыкания лесосек) и обеспеченность транспортной инфраструктурой как важные аспекты экономической составляющей лесопользования.

Частично решена проблема визуализации выравнивания возрастной структуры и прогноза динамики лесов. Следует отметить, что это не нововведение разработчиков. На самом деле ранее в «Методике расчета размера лесопользования в лесах государственного лесного фонда СССР», утвержденной в 1966 г., уже применялись графики поспевания насаждений с нанесенными лесосеками с целью обоснования и установления принимаемой расчетной лесосеки.

Разработчики указывают, что существующие методы игнорируют требования экономической эффективности лесопользования, лишь подразумевая положительный баланс между стоимостью лесоматериалов и затратами на их заготовку и выращивание леса [3]. Но их метод также не решает эту проблему.

Как справедливо отмечают авторы, в основу расчета нормы пользования по утвержденным формулам положены устаревшие данные лесоустройства, которыми оперируют российские лесоводы и лесопромышленники. Однако и при расчетах по новому методу все то же самое: берут старые материалы и обсчитывают их по программе.

То же самое относится и к процессам воспроизводства лесов, особенно их качественных параметров, которые не учитываются как по утвержденным методам, так и по предлагаемому.

В понимании авторов «непрерывное и неистощительное лесопользование в эксплуатационных лесах определяется как возможность использования лесных ресурсов с постоянной высокой эффективностью (в том числе при полном задействовании естественных продуктивных сил леса) на протяжении заранее заданного промежутка времени или бесконечно. По окончании заданного промежутка времени лес не должен физически исчезнуть на занимаемых площадях, но его возможность снабжать промышленность лесным сырьем (древесиной) требуемого качества должна полностью исчерпаться» [1]. Это нельзя признать неистощительным лесопользованием. Налицо подмена понятий «постоянство пользования» и «неистощительность». Большинство утвержденных расчетных лесосек обеспечивают постоянство пользования до 40–60 лет, а после небольшой модернизации могут это делать и до 100 лет.

Также в описании методики не расшифровано, какой срок облесения (перевода в лесопокрытую площадь) и какая породная структуры программируются. Например, расчет на 100 лет: вырубку по лиственному хозяйству будут перестойными насаждениями, а по хвойному, возможно, только приспевающими. При описании процесса моделирования не уточнено количество насаждений (в относительных величинах), переходящих в следующий класс: ведь классы возраста для большинства хвойных пород – 20 лет, а для большинства лиственных – 10 лет. И, учитывая заданный шаг моделирования в 1 год, очень важно понять, как этот аспект выполняется.

Крайне запутанная ситуация – со значениями коэффициентов [2], учитывающих процессы естественного отмирания и нарушений из-за внешних случайных воздействий. Авторы указывают, что они брали их по соответствующей специальной литературе. Например, для древостоя сосны обыкновенной в возрасте 5 лет вероятность выживания составляет 100%, вероятность нарушения внешними случайными воздействиями – 5%, вероятность быть вырубленным – нулевая. Аналогичные цифры для 100 лет: 100%; 95%; от 0 до 100%. Но, во-первых, по большинству пород таких данных нет или они крайне дискуссионны. Во-вторых, приводимые вероятности по сосне не выдерживают критики. Например, большая часть культур первого класса возраста в условиях Кировской области уничтожается лосем и глухарем значительно больше, чем на 5%. Можно привести еще массу примеров. Но и так понятно, что учет этих коэффициентов – дело непростое и малопрогнозируемое.

Значения коэффициентов естественного отмирания назначаются при программной реализации математической модели исходя из данных о продолжительности жизни отдельных деревьев, древостоев в целом и данных о динамике прироста запасов древостоев на корню, взятых из Общесоюзных нормативов для таксации лесов, утвержденных приказом Госкомлеса СССР от 28 февраля 1989 г. № 38. Это положение также крайне сомнительно. Надо дифференцированно подходить к возрасту естественной спелости с учетом типов леса и лесорастительных условий или хотя бы в разрезе хозяйственных секций.

Весьма показательны значения коэффициентов случайного отмирания, которые назначаются исходя из данных исследований случайной гибели древостоев разного возраста. Например, за период 2004–2008 гг. в Финляндии серьезно и умеренно пострадали соответственно 4,4 и 23,9% лесных площадей, что позволило авторам принять значение в 5%. Очевидно, что буквально переносить данные с достаточно компактной Финляндии на обширную во всех смыслах территорию России нельзя. Вообще, данный коэффициент в условиях азиатской части России крайне сомнителен. Зачастую миллионы гектаров тайги сторают в считанные годы.

Любые нарушения сплошного растительного покрова (вывалы и ветровалы, пожары и рубки) ведут к появлению территорий без деревьев, которые рассматриваются разработчиками как пополнение площади древостоев нулевого класса возраста, однако по какому хозяйству (не говоря уже о породе) происходит пополнение, не уточняется.

В целом разработчики пришли к выводу, что «... абсолютная неистощимость и максимальный выход продукции (древесины) несовместны – ключевым параметром является продолжительность планируемого периода непрерывного и неистощительного лесопользования» [1]. Согласно этому методике необходимо называть по ее сути – «Методика истощительного лесопользования при постоянстве пользования на заданный период времени». Мы полностью не согласны с выводами о невозможности сочетания неистощительности и постоянства лесопользования.

Апробация предлагаемого метода на лесничествах Архангельской области показала, что принципиально по размеру пользования они не отличаются, в частности, от лесосек равномерного пользования и второй возрастной. Данный вывод был подкреплен применением методики на ряде предприятий Томской области.

Общий вывод таков: терминологически не выдержанная работа не позволяет качественно оценить новизну и суть идеи. Для подобного рода работ крайне важна методическая точность. Тем не менее по тем отрывочным сведениям о применении новой методики на практике, и нами в том числе, не выявлено ее преимуществ перед существующими методами расчета (в частности, лесосекой равномерного пользования и второй возрастной). Мы считаем, что обеспечение неистощительности должно идти, если надо, поперек постоянству пользования, то есть должен действовать примат неистощительности над постоянством. Об этом же говорит и действующий (и, надеемся, будущий) национальный стандарт лесопользования FSC. А разработчики стоят на противоположных позициях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубев В.Е., Зародов А.Ю., Коросов А.В. и др. Новый подход к исчислению расчетной лесосеки // Устойчивое лесопользование, 2014, 3. С. 5–12.
2. Голубев В.Е., Зародов А.Ю., Коросов А.В. и др. Возраст рубки и объем неистощительного пользования лесом // Леспроминформ, 2014, 8. С. 48–53.
3. Коросов А.В., Родионов А.В., Голубев В.Е. и др. О разработке нового подхода для исчисления параметров расчетной лесосеки неистощительного пользования // Принципы экологии (электронный журнал), 2014, 2. С. 4–20: [Электронный ресурс]. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/o-razrabotke-novogo-podhoda-dlya-ischisleniya-parametrov-raschetnoy-lesoseki-neistoschitel'nogo-polzovaniya>.

ПОПЫТКА КОНТРОЛЯ НЕПАРНОГО ШЕЛКОПРЯДА ИНЖЕКТИРОВАНИЕМ ЛИСТВЕННИЦ СИСТЕМНЫМИ ИНСЕКТИЦИДАМИ

Д.А. ДЕМИДКО, Ю.Н. БАРАНЧИКОВ

Институт леса им. В.Н. Сукачева ФИЦ КНС СО РАН, Красноярск (baranchikov-yuri@yandex.ru)

A TRIAL OF GYPSY MOTH CONTROL BY LARCH INJECTION BY SYSTEMIC INSECTICIDES

D.A.DEMIDKO, YU.N.BARANCHIKOV

V.N. Sukachev Institute of Forest FRC KSC SB RAS, Krasnoyarsk (baranchikov-yuri@yandex.ru)

Увеличение масштаба использования пестицидов приводит к возрастанию нагрузки на окружающую среду [2] и организм человека [1]. Однако, эффективное ведение лесного и садово-паркового хозяйства в современных условиях немыслимо без их применения. В связи с этим необходимо нахождение баланса между обеспечением хозяйственных нужд и минимизацией воздействия химикатов на нецелевые организмы, особенно в условиях населённых пунктов.

Одним из способов поддержания такого баланса на приемлемом уровне является использование системных препаратов, вводимых непосредственно в организм защищаемого растения. Для этого был разработан ряд препаратов, тем или иным способом инъецируемых в ствол дерева. Такой способ обработки из-за относительно высокой стоимости и трудоемкости неприемлем для защиты крупных лесных массивов, но вполне пригоден для обработки деревьев в условиях городских насаждений, садов, парков и личных участков, а также для защиты отдельных особо ценных древесных растений.

Одним из производителей инъецируемых пестицидов является фирма Mauget™ (Калифорния, США). Разработанные ею препараты, в том числе инсектициды, используются также и на территории Российской Федерации (<http://mauget.ru>). Целью работы была оценка эффективности системных инсектицидов производства Mauget™, инъецируемых в ствол хвойного дерева (лиственницы), против гусениц непарного шелкопряда *Lymanthria dispar* (L.) разных возрастов. Критериями эффективности служили, а) смертность преимагинальных стадий, б) соотношение полов, вышедших имаго и в) размеры бабочек.

Оценивали влияние на развитие непарного шелкопряда следующих трёх инсектицидов: Абасайд (Abacide 2, далее Ab), действующее вещество (ДВ) – абамектин, Имисайд (Imicide, Im), ДВ – имидаклоприд и Инжект-А-сайд-В (Inject-A-side-B, In), ДВ – смесь дикротифоса и бифентрина. Инъекции каждого из них были сделаны 23 мая 2015 г. в стволы двух деревьев лиственницы сибирской приблизительно 45-50-летнего возраста инжекторами производства Mauget™ по схеме, рекомендованной производителем (одна инъекция на 15 см окружности ствола на высоте 10 см).

Таблица 1. Варианты выкармливания гусениц непарного шелкопряда в эксперименте

Возраст начала выкармливания	Варианты обработки деревьев	Дата начала выкармливания
II	Ab, Im, In, K	17.08.2015
III	Ab, Im, In, K	23.08.2015
IV	Ab, Im, In, K	27.08.2015

Гусеницы непарного шелкопряда были выведены из яиц, собранных в августе 2014 г. в очаге его массового размножения в окрестностях с. Чемал (Республика Алтай) и перезимовавших в холодильнике. До начала эксперимента гусениц выращивали в чашках Петри на хвое интактных лиственниц. Три группы гусениц, начиная, соответственно, со второго, с третьего и с четвертого

возрастов кормили хвоей брахибластов, срезанных с инъецированных деревьев, а также с необработанных контрольных (K) деревьев по блочной схеме. Всего было сформировано 12 блоков (экспериментальных групп), каждый из которых (табл. 1) включал в себя три ёмкости объёмом 0,5 литра с десятью гусеницами в каждой.

Смертность гусениц учитывалась в каждой ёмкости ежедневно. Выкармливание производилось до момента окукливания гусениц. После окукливания ежедневно учитывался выход имаго. Для взрослых насекомых учитывали пол и измерялась длина переднего крыла бабочки по костальному краю.

Вклад разных факторов в смертность преимагинальных стадий оценивалась с помощью дисперсионного анализа с корректировкой уровня значимости (p) по методу Тьюки. Этот же метод статистической обработки был использован для оценки значимости различий между группами по длине крыла (отдельно для самцов и самок). Значимость различий по соотношению полов имаго между препаратами и возрастными гусениц оценивалась по критерию хи-квадрат. Различия между экспериментальными группами считались значимыми при $p \leq 0,05$.

Сравнение смертности гусениц в экспериментальных и контрольной группах (таблица 2) показало наличие существенных различий между ними. Дисперсионный анализ показал отсутствие значимых различий по смертности гусениц в зависимости от возраста начала выкармливания. Напротив, вид обработки оказал значимое влияние на гибель непарного шелкопряда. Все исследованные препараты при сравне-

нии с контрольными группами доказали свою эффективность. Несколько меньше она оказалась у Инжект-А-сайда-В, выше – у Имисайда и, особенно, у Абасайда (табл. 2). При выкармливании хвоей с деревьев, обработанных последним, смертность гусениц оказалась стопроцентной, но различия с Имисайдом оказались статистически незначимы ($p = 0,118$), возможно, из-за недостаточного объема групп.

Таблица 2. Смертность гусениц непарного шелкопряда (%) в зависимости от обработки дерева и возраста начала выкармливания

Возраст (и дата) начала выкармливания	Вид обработки				В среднем по возрастам
	Абасайд 2	Имисайд	Инжект-А-сайд-В	Контроль	
II (17.08.2015)	100,0	90,0	63,3	36,7	72,5 ^A
III (23.08.2015)	100,0	76,7	83,3	3,3	65,8 ^A
IV (27.08.2015)	100,0	90,0	50,0	30,0	67,5 ^A
В среднем по видам обработки	100,0 ^c	85,6 ^c	65,6 ^b	23,3 ^a	

Примечание: заглавными буквами обозначена значимость различий между возрастными группами, в которых было начато выкармливание гусениц, строчными – то же, между вариантами обработки деревьев. Отсутствие статистически значимых различий обозначается одинаковыми буквами, их наличие – разными.

Следует отметить, что при выкармливании гусениц хвоей с обработанных Имисайдом деревьев, начатом с 3-го и 4-го возрастов, около 22% гусениц погибло от бактериоза. Эффект ослабления иммунитета насекомых вследствие влияния инсектицидов ранее был описан в литературе.

Смертность непарного шелкопряда на стадии куколки оказалась невелика для всех вариантов обработки, в которых окукливание произошло: в контроле 8,7%, для Имисайда – 7,7% и для Инжект-А-сайда-В – 3,2%. Статистическая обработка этих данных не проводилась из-за недостаточного объема данных.

Соотношение полов имаго, как показал критерий хи-квадрат, зависит от обработки ($p = 0,045$), но связь его с возрастом, в котором было начато выкармливание, подтвердить на принятом уровне значимости не удалось ($p = 0,075$).

Размеры бабочек как самок, так и самцов непарного шелкопряда также зависели от вида обработки дерева ($p = 0,018$), но не от возраста гусениц. Инжект-А-сайд-В (для самок) и Имисайд (для самцов) вызывают некоторое уменьшение размеров имаго по сравнению с контролем.

Таким образом, все исследованные препараты значительно увеличили смертность гусениц непарного шелкопряда по сравнению с контрольной группой. Эффективность их возрастает в ряду: Инжект-А-сайд-В – Имисайд – Абасайд-2. Имисайд, помимо прямого эффекта, также увеличил уязвимость гусениц к бактериозу, что позволило увеличить эффективность приблизительно на 20%. Влияние исследованных препаратов на гибель насекомых в стадии куколки невелика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заряева Е.В. Анализ данных регионального мониторинга содержания пестицидов в объектах окружающей среды Воронежской области // Вестник новых медицинских технологий 2011. Т. XVIII. № 2. С. 476–478.
2. Камбулин В.Е., Бадаев Е.А., Динасилов А.С. Саранчовые как индикаторы загрязнения окружающей среды в Балхаш-Алакольском регионе Казахстана // Защита и карантин растений, 2012. № 10. С. 18–20.

БЛАГОДАРНОСТИ. Авторы благодарят ООО «Може продакт дистрибьютор» (Москва) за предоставление препаратов для обработки деревьев и методическую помощь.

СОЗДАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ LARGE EDDY SIMULATOR

Г.А. ДОРРЕР, П.С. ШАТАЛОВ, И.А. БУСЛОВ, С.В. ЯРОВОЙ

Сибирский государственный технологический университет, Красноярск (g_a_dorrer@mail.ru, shatalovp@gmail.com, vt244@mail.ru, ach_bask@mail.ru)

CREATION OF FOREST FIRES COMPUTER MODEL USING LARGE EDDY SIMULATOR ALGORITHMS

G.A. DORRER, P.S. SHATALOV, I.A. BUSLOV, S.V. YAROVOY

Siberian State Technological University, Krasnoyarsk (g_a_dorrer@mail.ru, shatalovp@gmail.com, vt244@mail.ru, ach_bask@mail.ru)

В результате развития методов математического моделирования и вычислительных технологий к настоящему времени созданы системы, позволяющие детально и достаточно адекватно описывать физико-химические процессы при горении растительных горючих материалов в открытом пространстве. Одной из таких систем является WFDS-PB (Wildland-urbaninterfaceFireDynamicsSimulator – Physicsbased) [1–2]. Однако время моделирования лесного пожара во всех существующих информационных системах этого типа даже при использовании высокопроизводительных кластерных вычислительных систем в 500–5000 раз превышает реальное время распространения этого пожара. Это не позволяет использовать данные системы в оперативном режиме при принятии решений по борьбе с пожарами. Поэтому актуальной является задача создания систем моделирования, которые сочетали бы точность физически обоснованных моделей с быстродействием более простых, основанных на построении конфигурации горящей кромки.

В настоящем докладе предлагается один из возможных подходов, позволяющих соединить результаты расчетов WFDS-PB с построением фронта пожара на основе геометрических моделей. В частности, решается задача уточнения эффекта воздействия на скорость распространения фронта пожара скорости ветра и уклона местности.

Ветер и уклон местности обычно являются природными факторами, которые оказывают наибольшее влияние на распространение лесных пожаров [3]. Ветер влияет на пламя, наклоняя его вперед, увеличивая конвективный и радиационный перенос энергии на еще не сгоревшее горючее, что в свою очередь увеличивает скорость распространения пожара. Влияние уклона местности обладает схожим эффектом, потому что он сближает землю и горючее вместе с пламенем. Большинство математических моделей поведения лесных пожаров и информационных систем, созданных на их основе (BehavePlus, FARSITE, WFDS-LS, CFFBPS), учитывают эффект влияния ветра и уклона при расчете скорости распространения кромки пожара с помощью относительно простых формул. Некоторые из моделей рассматривают влияние ветра и уклона как аддитивный эффект (модель Р. Ротермела [4]), а некоторые – как мультипликативный (модель МакАртура [5], М.А. Софронова [6]). В канадской системе CFFBPS используются более сложные зависимости, так как там с эффектом уклона сопоставляется эквивалентная скорость ветра, которая затем складывается с текущей скоростью ветра.

В существующих компьютерных реализациях экспериментальных моделей, таких как FARSITE или WFDS-LS [7], ветер задается только направлением и скоростью. Таким образом, векторы поля ветра предполагаются постоянными во всех точках вычислительной области по величине и направлению и не зависящими от геометрии ландшафта.

Известно, что во время процесса горения, происходящего при лесном пожаре, огонь, влияя на атмосферу, создает турбулентные потоки, которые изменяют скорость и направление ветра и тем самым оказывают воздействие на распространение пожара. Отметим, что теоретическое исследование турбулентных вихрей перед фронтом пожара в свое время было выполнено Ю.А. Гостинцевым с сотрудниками [8].

В настоящей работе предложен метод совместного использования некоторых элементов аналитической модели в экспериментальной модели лесного пожара для создания реалистичного эффекта турбулентности внешних и локальных потоков.

В качестве аналитической модели использовалась математическая модель WFDS-PB, реализованная в системе WFDS. Она реализует вычислительную гидродинамическую модель (CFD) теплопереноса при горении. Данная система базируется на продукте FDS (FireDynamicsSimulator), разработкой которого занимается Национальный Институт Стандартов и Технологий (NIST, США) уже 25 лет. В WFDS численно решаются уравнения Навье-Стокса для низкоскоростных температурно-зависимых потоков, особое внимание уделяется распространению дыма и теплопередаче при пожаре. В WFDS также реализована экспериментальная модель процесса распространения фронта пожара WFDS-LS(LevelSet)

[9]. Система WFDS имеет открытый исходный код (Fortran 90) и распространяется по лицензии MIT, то есть является свободно распространяемой.

Так как в системе WFDS одновременно реализованы две математические модели лесного пожара, то можно использовать некоторые функции модели WFDS-PB в WFDS-LS. Таким образом, моделирование воздушных потоков может выполняться в WFDS-PB, а построение контура пожара с учетом ветра, моделируемого аналитической моделью, выполняет модуль WFDS-LS.

Для кромки пожара можно задать значение теплового потока q , который будет оказывать воздействие на атмосферу, создавая локальные турбулентные потоки, влияющие и на сам пожар, то есть образуя обратную связь.

В общем виде алгоритм работы гибридной модели WFDS-LS можно описать следующим образом:

Шаг 1. Модуль WFDS-LS строит контур пожара исходя из параметров источника возгорания и текущих параметров ветра и передает параметр q в модуль WFDS-PB.

Шаг 2. Модуль WFDS-PB производит расчет параметров локальных турбулентных потоков при заданном q , в результате записывая полученные значения скоростей и векторов поля ветра в массив данных.

Шаг 3. Модуль WFDS-LS, считывая данные из массива, перестраивает кромку пожара исходя из новых значений скорости и направления ветра. Возврат на Шаг 1.

Блок-схема алгоритма изображена на рис. 1.

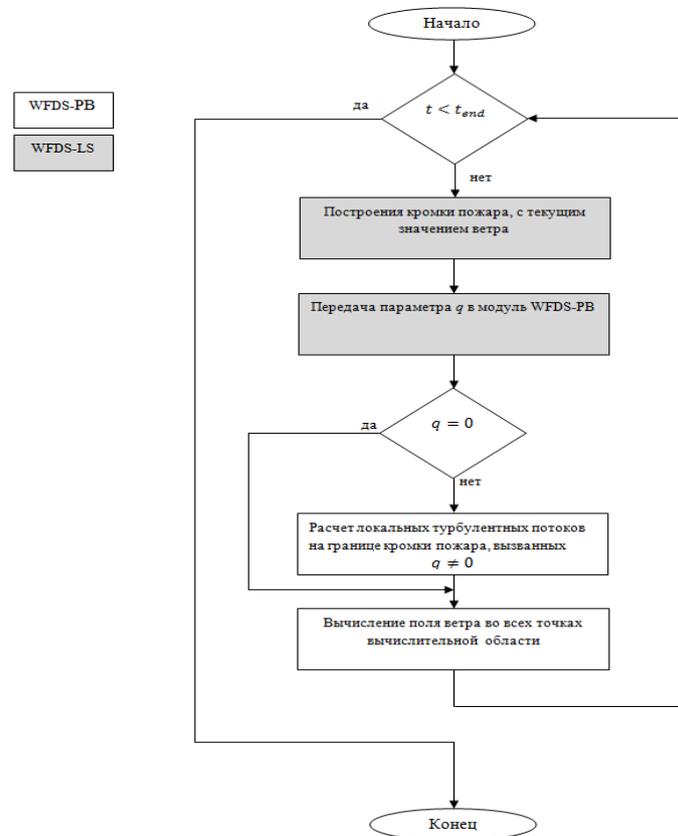


Рис. 1. Блок-схема работы алгоритма

Необходимо отметить, что значение параметра q можно задавать во входном файле WFDS-LS. Таким образом, если задать $q = 0$, то горящая кромка пожара не окажет никакого влияния на локальный ветер – обратная связь будет отсутствовать. Тем не менее, ветер в каждой точке уже не будет иметь одну и ту же силу и направление, а станет меняться в зависимости от геометрии местности, тем самым изменяя форму кромки пожара.

Вычислительные эксперименты проводились на кластерных вычислительных системах Лесной службы США и Сибирского федерального университета.

На рис. 2 (а, б, в) показаны контуры кромки пожара, полученные в модели WFDS-LS и гибридной модели WFDS-LS для $q = 0$ и $q = 700 \text{ кВт/м}^2$, для моментов времени 100, 200 и 300 секунд соответственно.

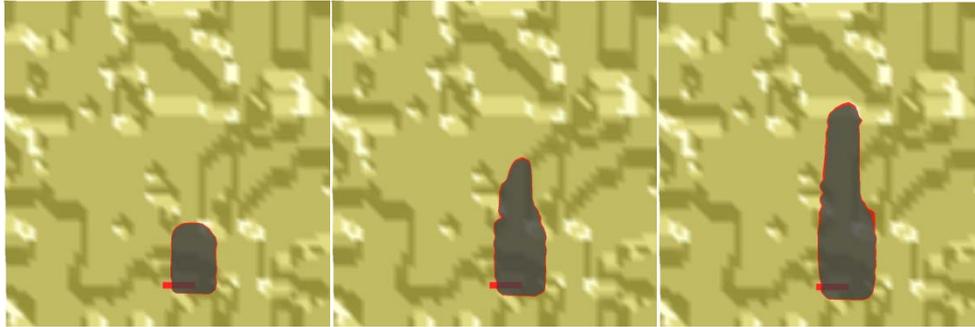


Рис. 2а. Контур WFDS-LS без учета влияния теплового потока q



Рис. 2б. То же при $q = 700 \text{ кВт/м}^2$



Рис. 2в. То же при $q = 0$

Значение теплового потока $q = 700 \text{ кВт/м}^2$ для кромки пожара было получено при проведении экспериментов в WFDS-PB на *Themedaaustralis*. Для этого горючего собрано большое количество экспериментальных данных, полученных во время полевых экспериментов в Австралии [10] для верификации модели WFDS-PB, в том числе значение теплового потока на горячей кромке.

Как можно видеть из рис. 2б, 2в, контур пожара в гибридной модели имеет более хаотичную и нелинейную форму и больше соответствует контуру пожара, полученному в WFDS-PB. Вычисления проводились на области размерами $1000 \times 1000 \times 1000 \text{ м}$, полученной на основе обработки космических снимков, размер узла вычислительной сетки составлял $20 \times 20 \times 5 \text{ м}$. Время вычисления на одном узле суперкомпьютера для каждого из подходов приведено в табл. 1:

Таблица 1

	WFDS-PB	WFDS-LS	Гибридная WFDS-LS	
			$q = 0$	$q = 700 \text{ кВт/м}^2$
Время вычислений	7 ч	4 с	89 с	97 с

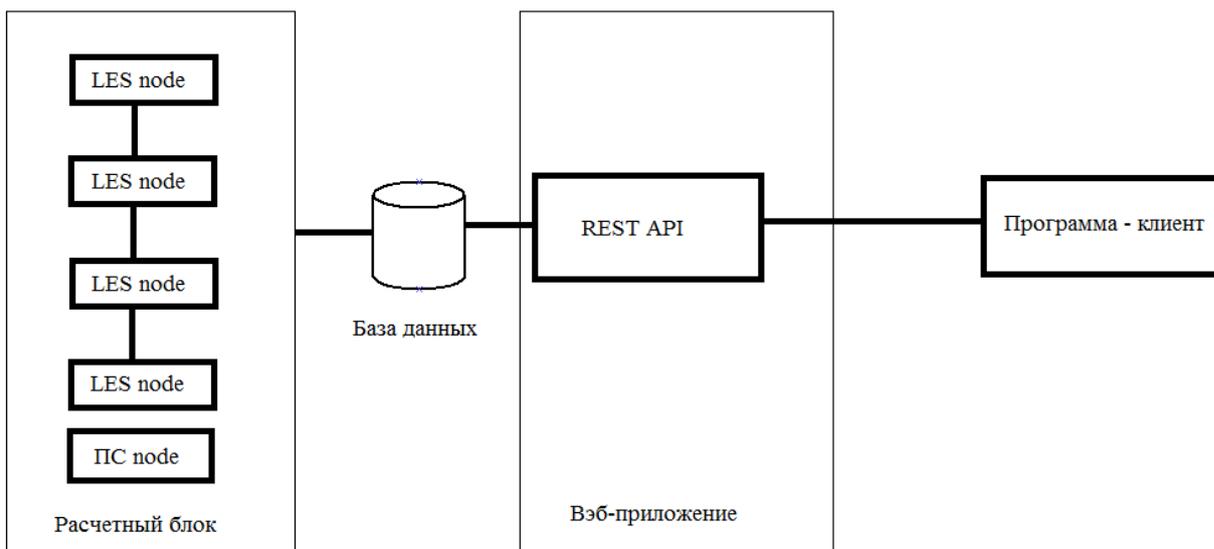


Рис. 3. Принципиальная схема ПО

На рис. 3 изображена принципиальная схема разрабатываемого ПО. Все ПО можно условно разделить на 4 части:

- **Программа-клиент** может быть мобильным, настольным или веб-приложением. Ее задача – предоставить интерфейс пользователю с целью отправки исходных данных в систему для дальнейшего расчета, а также для получения результатов. Взаимодействие происходит посредством RESTAPI.

Исходные данные для отправки через RESTAPI на расчет представлены рельефом (в формате ASCIIDEM), метеоданными (в формате XML), данными о горючести поверхности (в формате XML).

Данные результатов представлены в форматах XML или JSON в зависимости от параметров запроса.

- **RESTAPI** представляет собой веб-приложение, написанное на языке Python. RESTAPI отвечает за такие функции, как авторизация пользователей, организация безопасного взаимодействия между клиентскими приложениями и базой данных (хранение и предоставление доступа к промежуточным результатам расчетов), форматирование (перевод результатов, полученных из БД, в формат JSON или XML; преобразование исходных XML-данных в SQL-запросы), подготовка (изменение масштаба и размеров сетки DEM-данных, если требуется) и проверка (инспекция данных на предмет ошибок и возможных атак со стороны злоумышленников) исходных данных.

- **База данных** – блок, отвечающий за взаимодействие между частями расчетного блока, хранение результатов расчетов и исходных данных, промежуточных данных расчетов, учетных записей пользователей и прочих данных. Может быть реализован в виде отдельного MySQL сервера или как кластер MySQL серверов (развернутый стандартными для MySQL средствами).

- **Расчетный блок** в свою очередь можно разделить на 2 части. Первая из них выполняет расчеты на основе алгоритмов LES (Largeeddysimulation). Результатом расчета является поле ветра, которое затем (через базу данных) передается второй части расчетного блока, производящей вычисления на основе метода подвижных сеток.

Обе части расчетного блока написаны на языке Python и развернуты на кластере (кластер развернут на серверах Linux Debian, взаимодействие между вычислительными узлами реализуется средствами библиотеки Open MPI).

Расчетный блок берет исходные данные из базы данных, куда в свою очередь их помещает пользователь через клиентское приложение (взаимодействующее через RESTAPI). После расчетов результаты также помещаются в базу данных и доступны для чтения программой-клиентом.

Данные блоки можно рассмотреть как набор программ-агентов разных типов, работающих над данными в рамках одной базы данных, каждый из которых выполняет свою функцию, взаимодействуя с другими типами агентов. Одни помещают задания для расчетов, другие в свою очередь реализуют различные этапы этих расчетов. Для слаженной работы этих агентов, а также во избежание повторных расчетов одних и тех же задач данные в БД должны помечаться как готовые к расчету или как уже использованные в расчетах ранее. Это реализуется добавлением в таблицы дополнительного поля, описывающего текущее состояние записи. Агент, использовав это поле, меняет его состояние, чтобы избежать повторной обработки.

В силу того, что в гибридном подходе используются элементы аналитической модели WFDS-PB, точность результатов моделирования зависит в том числе и от размера узла вычислительной сетки. Однако при меньшем размере узла сетки, например, $2 \times 2 \times 2$ м, время вычислений существенно увеличивается. Например, если при размере ячейки $20 \times 20 \times 5$ м время расчета на одном узле суперкомпьютера составляло 97 секунд, то при уменьшении ячейки до $2 \times 2 \times 2$ м оно увеличивается до 30 минут. На сегодняшний момент поддержка библиотеки Open MPI не включена в WFDS-LS, поэтому расчеты для нескольких вычислительных узлов не проводились, однако работа в этом направлении ведется.

Подход, реализованный в гибридной модели WFDS-LS, нуждается в дальнейшем изучении и доработке, однако можно уверенно сказать, что его применение может существенно повысить эффективность прогнозирования динамики лесного пожара для оперативных систем управления пожарными рисками.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Mell W.* Models for fire spread in the wildland-urban interface. Technical Report JFSP Project Number 07-1-5-08: [Электронный ресурс] / W. Mell, A. Bova, G. Forney, R. Rehm, R. McDermott. 2012. Режим доступа: <http://www.firescience.gov/projects/07-1-5-08/project/07-1-5-08-final-report.pdf>.
2. *Mell W.* Wildland fire behavior modeling: perspectives, new approaches and applications / W. Mell, R.J. McDermott, G. P. Forney // Proceedings of 3rd Fire Behavior and Fuels Conference, Spokane, Washington, USA, 2010. Pp. 45–62.
3. *Курбатский Н.П.* Техника и тактика тушения лесных пожаров. М.: Гослестехиздат, 1962. 153 с.
4. *Rothermel R.C.* A mathematical model for fire spread predictions in wildland fuels USDA forest Service Research Paper INT-115, Ogden, 1972. 40 p.
5. *McArthur A.* Forest Fire Danger Meter MkV // Technical report, CSIRO Australia, Division of Forestry, Bushfire Research Unit, 1973.
6. *Софронов М.А.* Лесные пожары в горах Южной Сибири. М.: Наука, 1967. 150 с.
7. *Mell W.* Wildland fire behavior modeling: perspectives, new approaches and applications / W. Mell, R.J. McDermott, G. P. Forney // Proceedings of 3rd Fire Behavior and Fuels Conference, Spokane, Washington, USA, 2010. Pp. 45–62.
8. *Гостинцев Ю.А.* Аэродинамика среды при больших пожарах. Линейный пожар / Ю.А. Гостинцев, Л.А. Суханов. Препринт ИХФ АН СССР. Черноголовка, 1977. 51 с.
9. *Mell W.* A physics-based approach to modeling grassland fires / W. Mell, M. A. Jenkins, J. Gould, Ph. Cheney // International Journal of Wildland Fire, 2007, vol. 16. Pp. 1–22.
10. *Coen J.* Simulation of the Big Elk Fire using coupled atmosphere-fire modeling // International Journal of Wildland Fire, 2005, vol. 14. Pp. 49–59.

НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ВЯЗОВЫМ ПИЛИЛЬЩИКОМ *FENUSA ULMI* SAND. (HYMENOPTERA, TENTHREDINIDAE), ЛИСТОВЫМ МИНЕРОМ ВЯЗА МЕЛКОЛИСТНОГО *ULMUS PUMILA*

Е.Н. ЕГОРЕНКОВА¹, В.Д. КРАВЧЕНКО², Н.А. ЛЕНГЕСОВА¹, З.А. ЕФРЕМОВА²

¹Ульяновский государственный педагогический университет, Ульяновск

²Тель-Авивский университет, Тель-Авив, Израиль.

OBSERVATIONS ON *FENUSA ULMI* SAND. (HYMENOPTERA, TENTHREDINIDAE), A LEAF MINER OF CHINESE ELM *ULMUS PUMILA*

YE.N. YEGORENKOVA¹, V.D. KRAVCHENKO², N.A. LENGESOVA¹, Z.A. YEFREMOVA²

¹Ulyanovsk State Pedagogical University, Russia (egorenkova80@mail.ru)

²Tel Aviv University, Israel (vasiliy@post.tau.ac.il; zyefremova@post.tau.ac.il)

Род *Fenusa* Leach в Среднем Поволжье на сегодняшний день представлен тремя видами из 9 известных: *F. dohrni*, *F. pumila* и *F. ulmi* [1, 3]. Мы изучали вязового минирующего пилильщика *F. ulmi*, который в качестве кормового растения использует различные виды вяза: *Ulmus glabra* Huds., *U. minor* Mill., *U. foliacea* Gilib., *U. americana* L., *U. elliptica* K. Koch, *U. rubra* Muhl. [8] и *U. pumila* [2, 5]. На территории Ульяновской области (Среднее Поволжье) его личинки развиваются на вязе мелколистном (*U. pumila* L.) и вязе шершавом (*U. glabra*) [3]. Культура вяза мелколистного широко распространена в Ульяновской области и создается в целях озеленения городов, сел, а также применяется в полезащитном лесоразведении. Вязовый пилильщик, минируя листья вяза мелколистного, сильно подрывает ценность данной породы. Таким образом, финансовые затраты, потеря ожидаемой экологической и хозяйственной функции данной породы делают вязового пилильщика объектом особого внимания. Для успешного решения вопроса о сохранности посадок, подвергающихся нападению вредителей-минеров, важно понимать, как строятся взаимоотношения растения и заселяющего его фитофага.

Вяз мелколистный представляет собой дерево до 15 м высотой с густой округлой кроной, мелкими эллиптическими листьями до 9 см длиной – неравнобокими, с острой короткой вершиной и зубчатым краем, гладкими, в молодости опушенными. *U. pumila* распространен на Дальнем Востоке, в Забайкалье, на севере Монголии, в Корее, Японии и Китае.

Минирующий пилильщик *Fenusa ulmi* является вредителем с присущими ему биологическими особенностями. Так, при заселении деревьев самка пилильщика откладывает на вентральной стороне листа между центральной и радиальной жилками лишь по одному яйцу из кладки, хотя в яичниках находится от 1 до 15 яиц [4, 6].

В работе рассмотрены особенности распределения вязового пилильщика *F. ulmi* на листьях вяза мелколистного (*U. pumila* L.). Изучались места откладки яиц в зависимости от возраста листа и площади поражения вязовым пилильщиком.

Методика. Листья с минами (300 личинками пилильщика) собирали на высоте от 1,5 до 2,5 м от земли на 3 площадках г. Ульяновска в мае – июне 2009 г. Высота деревьев вяза на выбранных площадках составляла 11–14 м. В лаборатории с помощью прозрачной измерительной сетки с размером ячейки 0,5 см определяли площадь каждой мины.

Результаты. В 2009 г. цветение вяза длилось с третьей декады апреля по первую декаду мая, то есть соответствовало началу лета имаго пилильщика. Наибольшее число мин с живыми личинками пилильщиков зарегистрировано в период со второй декады мая до третьей декады июня, что соответствует периоду интенсивного облиствления и началу периода плодоношения вяза (рис. 1).

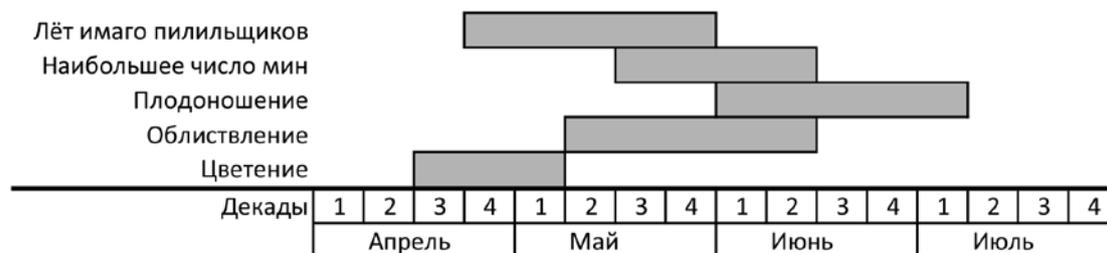


Рис. 1. Синхронизация развития вяза мелколистного и вязового пилильщика. Ульяновск, 2009 г.

Первые взрослые особи пилильщика появляются задолго до появления листьев и проходят дополнительное питание на цветах вяза, что обеспечивает высокую плодовитость самок. Начало облиствления

соответствует появлению большого числа молодых листьев с очень высокой скоростью роста листовой пластинки и с преимущественным развитием жилкования (то есть идет интенсивный рост проводящих тканей). Позднее, по мере увеличения прироста листьев в ширину, появляются первые мины пилильщика. Старение листьев (середина июня, рис. 1) связано со снижением фотосинтетической активности и увеличением содержания запасных веществ (преимущественно крахмала), но к этому времени личинки пилильщика уже заканчивают свое развитие.

Поведение при откладке яиц. Самка откладывает яйца на нижнюю сторону молодых листьев вяза, прокалывая яйцекладом нижний эпидермис. Продолжительность обследования листа самкой составляет 7–15 минут.

Место откладки яиц. Независимо от абсолютного размера листа относительное место откладки яиц остается стабильным. Мина начинается в месте откладки яйца, обычно у основания центральной жилки листа, в 3–5 мм от пресечения центральной и боковой жилок. Только в двух случаях основания мин были расположены вдалеке от жилки, однако при этом личинки были мертвы.

Количество яиц, откладываемых на лист, варьирует от 1 до 8, но частотное распределение показывает, что в большинстве случаев на один лист было отложено одно яйцо. Количество отклонений от этого правила не превышало 5 % (рис. 2), то есть в 95 случаях из 100 откладывается только одно яйцо.

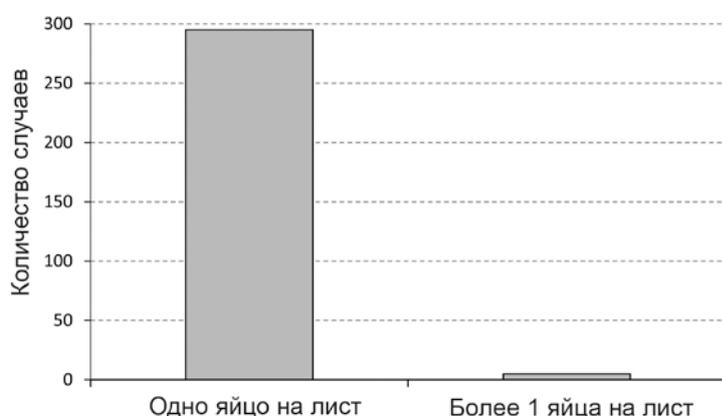


Рис. 2. Частотное распределение количества яиц пилильщика на листе вяза (N = 300)

Таким образом, характерные особенности распределения яиц и мин пилильщика на вязе необходимо учитывать при мониторинге этого вида и других фенологически и биологически сходных с ним вредителей, а также при проведении истребительных мероприятий и создании полезащитных и озеленительных культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Краснобаев Ю.П., Антропов Л.В., Любвина И.В., Забелин С.И. Фауна беспозвоночных Жигулей. V. Отряд Hymenoptera // Самарская Лука, вып. VI. Самара, 1995. С. 123–144.
2. Кириченко Н.И., Баскарева О.В. О двух минерах вязов в сибирских городах // Экологические и экономические последствия инвазий дендрофильных насекомых. Матер. Всерос. конф с междунар. участием. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2012. 178 с.
3. Ленгесова Н.А. Материалы к фауне пилильщиков семейства Tenthredinidae (Hymenoptera, Symphyta) Ульяновской области // Природа Симбирского Поволжья, 2003, вып. 4, Ульяновск. С. 92–95.
4. Санина И.В., Пальникова Е.Н. Некоторые особенности развития вязового минирующего пилильщика (*Fenusa ulmi* sund.) в г. Красноярске // Вестник Красноярского государственного университета, серия Естественные науки, 2006, №5. С. 64–68.
5. Томилова В.Н., Вержуцкий Б.Н. Минирующий пилильщик на ильме // Защита растений, 1966, № 5. С. 47.
6. Вержуцкий Б.Н., Гронина Л.М., Наймушин Э.П. Минирующие пилильщики Приморья // Защита растений, 1976, N 2. С. 45.
7. Blank S.M., Hara H., Mikulás J., Csóka G., Ciornei C., Constantineanu R., Constantineanu I., Roller L., Altenhofer E., Huflejt T., Véték G. *Aproceros leucopoda* (Hymenoptera: Argidae): An East Asian pest of elms (*Ulmus* spp.) invading Europe // European Journal of Entomology, 2010, v. 107. Pp. 357–367.
8. Taeger A. Kommentäre zur Biologie, Verbreitung und Gefährdung der Pflanzenwespen Deutschlands / A. Taeger, E. Altenhofer, M. Blank, M. Kraus, H. Pschorn-Walcher, C. Ritzau // Pflanzenwespen Deutschlands: (Hymenoptera, Symphyta); kommentierte Bestandsaufnahme. Deutsches entomologisches Institut. Taeger A. & S.M. Blank (Hrsg.). Keltern Goecke und Evers, 1998. Pp. 49–144.

ВЛИЯНИЕ ХВОЙНОГО ПРЕПАРАТА НА РОСТ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

А.В. ЕГОРОВА

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск (anast.shv@yandex.ru)

EFFECT OF A CONIFER-DERIVED PRODUCT ON THE GROWTH OF SCOTS PINE SEEDLINGS

A.V. YEGOROVA

Forest Research Institute, Karelian Research Centre RAS, Petrozavodsk (anast.shv@yandex.ru)

В последние десятилетия в лесном хозяйстве при решении проблемы получения высококачественного посадочного материала в лесовосстановлении внедряются современные экологически безопасные регуляторы роста природного, химического и биологического происхождения [8, 10]. Действие стимуляторов многогранно: они способны одновременно стимулировать рост, развитие, физиологические процессы растений и повышать их адаптацию к неблагоприятным факторам среды, а также иммунитет растений к целому ряду заболеваний различной природы, проявляя противогрибковую, антибактериальную активность и противовирусное действие.

Изучено действие стимуляторов роста, таких как циркон, крезацин, эпин-экстра, фулар, СИЛК, агата-25К, альбит, амбиол, гумат, эпин, на всхожесть семян и рост сеянцев хвойных растений [9, 10, 13, 14].

Одной из задач научных исследований в лесном хозяйстве является изучение возможности использования имеющихся регуляторов роста, а также поиск и внедрение в производство новых экологически безопасных, не оказывающих вредного влияния как на растения, так и на окружающую среду [13]. В последние десятилетия большую популярность приобрели стимуляторы роста, выделяемые из природных источников [7]. Перспективным является комплексное использование лесных ресурсов как источника возобновляемого сырья, особенно древесной зелени хвойных пород. Это объясняется в первую очередь тем, что компоненты, входящие в ее состав, относятся к соединениям, активно участвующим в обмене веществ растительного организма. В древесной зелени содержатся макро- и микроэлементы, органические вещества различной природы [6]. Имеется подробная информация относительно содержания в хвое основных лесообразующих пород сложных углеводов, липидов, терпеновых, пектиновых соединений, азотсодержащих веществ [11, 12, 16, 17]. Древесная зелень хвойных пород является доступным, дешевым растительным сырьем, которое в свежем виде можно перерабатывать в течение всего года, используя содержащиеся в ней биологически активные соединения в различных областях [1].

Было выявлено наличие суммарного положительного влияния группы биологически активных водорастворимых веществ, экстрагируемых из хвои сосны обыкновенной, на накопление сухой массы 15-дневных проростков сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) [2]. Показано, что при использовании растительного сырья для получения природных регуляторов роста важно учитывать сроки его заготовки [3]. Разработаны теоретические основы ресурсосберегающей комплексной переработки древесной зелени и коры пихты сибирской, позволяющей в едином технологическом процессе получать продукты, обладающие биологической активностью [15]. Выявлены оптимальные ростаktivизирующие концентрации терпеноидов ели, березы и пихты. Наиболее высокой антиоксидантной активностью препаратов отличались терпеновые соединения, полученные из древесной зелени пихты [18]. Было показано, что экстракт из зелени пихты влияет на морфологические признаки растений подобно ауксину: листья становятся темно-зелеными, увеличивается длина корней и повышается урожайность многих культур [4]. В последнее время большое внимание уделяется препаратам на основе тритерпеновых кислот пихты сибирской: СИЛК (Новосил), Вэрва, Биосил. Биологически активный препарат СИЛК (Новосил) положительно влияет на стимуляцию иммунного потенциала растений. Экологически чистый биопрепарат Вэрва предназначен для стимуляции роста и защиты растений от инфекции. Экологически безопасный регулятор роста Биосил является эффективным при предпосевной обработке семян и опрыскивании растений в период вегетации [5].

Препарат из древесной зелени хвойных пород производства Тихвинского лесохимического завода, состоящий из хлорофилло-каротиновой пасты, хвойного экстракта и хвойного эфирного масла, используется при выращивании сельскохозяйственных культур. Он стимулирует рост, способствует увеличению урожая грунтовых и парниковых овощей, повышает интенсивность обмена веществ растений, предохраняет от болезней, противодействует насекомым и вредителям, обладает антимикробным действием. Нами было проведено испытание этого препарата при выращивании двухлетних сеянцев сосны обыкновенной в лесном питомнике «Вилга» в условиях открытого грунта. Было выбрано 6 опытных и 1 контрольный участки площадью по 0,6 м² каждый. Хвойный препарат вносили в почву в дозах: 16,67 л/га⁻¹; 50; 166,67; 500; 1667,67 л/га⁻¹ и 0 (контроль). Подкормку проводили в июне в сухую погоду. Далее сеянцы выращи-

вали в производственных условиях по стандартной технологии. В конце вегетационного сезона сеянцы выкапывали, корни промывали водой, взвешивали абсолютно сухую массу всех органов и снимали биометрические показатели сеянцев.

Эксперимент показал эффективность использования хвойного препарата при выращивании посадочного материала. Выявлено положительное его влияние на накопление массы сеянцев, на их высоту и диаметр корневой шейки при использовании следующих доз внесения: 16,7 л*га⁻¹; 50 и 166,7 л*га⁻¹. Максимальный положительный эффект наблюдался при дозе внесения препарата 166,67 л*га⁻¹, когда средняя сухая масса сеянца превышала контроль на 89%. Под воздействием препарата повышался рост сеянцев в высоту максимально на 16%, величина диаметра шейки корня увеличивалась на 56% по сравнению с контролем. Высокие концентрации хвойного препарата (500 и 1667,67 л/га⁻¹) ингибировали рост сеянцев сосны. Результаты испытания препарата позволяют рекомендовать его в качестве стимулятора при выращивании сеянцев сосны обыкновенной с открытой корневой системой в лесных питомниках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев С.Н., Роцин В.И., Ягодин В.И. Экстрактивные вещества древесной зелени *Pinus sylvestris* L. // Растит. ресурсы, 1995, 31 (2). С. 79–119.
2. Егорова А.В. Влияние хвойного экстракта на прорастание семян сосны обыкновенной // Ресурсосберегающие технологии, материалы и конструкции / М.И. Зайцева, Г.Н. Колесников, Ю.В. Никонова. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2014. С. 38–43.
3. Егорова А.В. Регуляторы роста в процессах прорастания семян и роста сеянцев хвойных пород // Растения в условиях глобальных и локальных природно-климатических и антропогенных воздействий: VIII съезд Общества физиологов растений России; Всерос. науч. конф. и школа для молодых ученых. Петрозаводск: Карельский науч. центр РАН, 2015. С. 183.
4. Карманова Л.И., Кучин А.В., Королева А.А., Хурикайнен Т.В., Кучин В.А. Экстракция водным раствором оснований как основа новой технологии получения фунгицидов и стимуляторов роста растений // Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения, 2002, 7. С. 61–64.
5. Кирсанова Е.В., Цуканова З.Р., Мусалатова Н.Н. О перспективах предпосевной обработки регуляторами роста семян яровой пшеницы в Орловской области // Вестник ОрелГАУ, 2008, 3. С. 21–23.
6. Левин Э.Д., Репях С.М. Переработка древесной зелени. М.: Лесн. пром-ть, 1984. 120 с.
7. Митрофанов Р.Ю., Кочеткова Т.В., Золотухин В.Н., Будаева В.В. Росторегулирующие свойства экстракта соломы овса // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: матер. III Всерос. конф., 23–27 апр. 2007 г. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2007 (3). С. 229–232.
8. Острошенко В.В., Острошенко Л.Ю. Влияние стимуляторов на всхожесть семян и рост сеянцев сосны Банкса (*Pinus banksiana* Lamb.) // Вестник КрасГАУ, 2011, 11. С. 85–92.
9. Пентелькина Н.В. Применение регулятора роста Циркон при выращивании посадочного материала ценных древесных пород // Циркон – природный регулятор роста. Применение в сельском хозяйстве. М.: НЭСТМ, 2010. С. 330–340.
10. Пентелькина Ю.С. Влияние стимуляторов на всхожесть семян и рост сеянцев хвойных видов: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01. Москва: Московский гос. ун-т леса, 2003, 140 с.
11. Речкина Е.А., Губаненко Г.А., Рубчевская Л.П. Выделение пектиновых веществ из древесной зелени сосны обыкновенной // Химия растит. сырья, 2010, 4. С. 189–190.
12. Судачкова Н.Е., Милюткина И.Л., Семенова Г.П. Состав и содержание свободных аминокислот в различных частях и тканях *Pinus sylvestris* L., *Larix sibirica* ledeb. и *L. gmelinii* (rupr.) rupr // Растит. ресурсы, 2003, 39 (1). С. 19–31.
13. Устинова Т.С. Биологические стимуляторы роста, применяемые в лесных питомниках // Лесной комплекс: состояние и перспективы развития: IX Междунар. науч.-техн. конф., 1–30 ноября 2009 г. Брянск: БГИТА, 2009. С. 135–137.
14. Устинова Т.С. Изучение влияния биопрепаратов на рост сеянцев хвойных пород // Актуальные проблемы лесного комплекса, 2014 (39). С. 92–95.
15. Ушанова В.М. Комплексная переработка древесной зелени и коры пихты сибирской с получением продуктов, обладающих биологической активностью: автореф. дис. ... докт. биол. наук: 05.21.03. Красноярск: Сиб. гос. техн. ун-т, 2012. 34 с.
16. Фуксман И.Л. Влияние природных и антропогенных факторов на метаболизм веществ вторичного происхождения у древесных растений. Петрозаводск: Карельский науч. центр РАН, 2002. 164 с.
17. Чернобровкина Н.П., Дорофеева О.С., Робонен Е.В. Аминокислотный состав хвои сеянцев сосны обыкновенной в связи с обеспеченностью бором // Вестник Московского гос. ун-та леса – Лесной вестник, 2009, 3. С. 56–61.
18. Широких И.Г. Влияние терпеновых соединений на ростовые и физиолого-биохимические показатели проростков пшеницы // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: матер. III Всерос. конф., 23–27 апр. 2007 г. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2007 (3). С. 240–245.

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа выполнена в рамках государственного задания Института леса КарНЦ РАН.

ЛЕСОВОДСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ИНТЕНСИФИКАЦИИ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ – СОДЕРЖАНИЯ ЛЕСОВ И НАПРАВЛЕНИЯ ЕГО ОСВОЕНИЯ

В.И. ЖЕЛДАК, В.М. СИДОРЕНКОВ, А.А. КУЛАГИН

Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, г. Пушкино (forestvniilm@yandex.ru)

SILVICULTURAL ASSESSMENT OF FOREST MANAGEMENT INTENSIFICATION POTENTIAL, WAY OF FOREST MAINTAINING AND DIRECTIONS OF ITS DEVELOPMENT

V.I. ZHELDAK, V.M. SIDORENKOV, A.A. KULAGIN

All-Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry (VNIILM), Pushkino (forestvniilm@yandex.ru)

Идея «интенсификации лесопользования» или, в терминологии Лесного кодекса 2006 г., «использования лесов» является, вероятно, самой популярной не только среди специалистов лесного комплекса (в «лесном сообществе»), но и у общественности, заинтересованной в улучшении состояния наших лесов, их природоохранной ценности, увеличении пользования лесными ресурсами, в первую очередь, заготовке древесины (с единицы площади в единицу времени). «Интенсификация использования и воспроизводства лесов» выделена в одну (из десяти) задач, решение которых должно обеспечить достижение целей государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов [1]. Восребованность, актуальность решения проблемы лесопользования и обеспечивающего его лесного хозяйства поддерживается сохраняющимся сравнительно низким уровнем пользования древесиной, не менее чем в 2–3 раза ниже, чем в соседних странах, Швеции и Финляндии, в сходных лесорастительных условиях, а также неудовлетворительным, точнее, далеким от целевого состоянием лесов по показателям продуктивности, устойчивости, породного состава и другим [2, 3, 4].

Соответственно, при разных подходах к рассмотрению и решению проблемы улучшения состояния и использования лесов цели интенсификации лесного хозяйства и связанного с ним использования лесов принципиально совпадают. Обобщенно это осуществление комплекса управленческих, экологических, природоохранных и лесохозяйственных мер, обеспечивающих решение задач интенсивного рационального пользования лесными ресурсами и их воспроизводства при сохранении биоразнообразия, устойчивости, экологических и природоохранных свойств и функций лесов [2, 3, 4, 5, 6].

Достижение указанных результатов может быть обеспечено при системном взаимосвязанном осуществлении всех составляющих комплекса и решении сопутствующих задач, причем дифференцированно и сбалансированно, не исключая ни одного из выделенных блоков и не снижая, но и не преувеличивая роли любого из выделенных блоков.

Это относится в полной мере и к блоку лесоводственных мероприятий, в широком смысле охватывающих мероприятия содержания (охраны, защиты, воспроизводства) и обеспечения использования лесов (в целом обозначаемые часто и лесохозяйственными мероприятиями). В таком понимании лесоводственные мероприятия (в том числе объединенные в системы – СЛВ) являются той составляющей, посредством которой осуществляются все управляющие воздействия на леса, в том числе реализуются или могут реализовываться принимаемые решения, разработанные организационно-экономические меры, в частности, и в целях интенсификации лесопользования и лесовоспроизводства, содержания лесов [5].

Соответственно, только с позиций лесоводства, также включающего экологическую (в том числе природоохранную) составляющую, можно объективно оценить в рамках накопленных знаний (научных данных) о вероятной динамике лесных экосистем и лесов в связи с управляющими на них воздействиями своеобразный потенциал возможного увеличения интенсивности лесовоспроизводства – лесопользования при динамичном сохранении ресурсного и экологического потенциала лесов, эффективности выполнения лесами средообразующих, водоохранных, защитных, санитарно-гигиенических, оздоровительных и иных полезных функций (в трактовке Лесного кодекса) и фактически сущностных свойств леса.

Исходя из разработанных общих эколого-лесоводственных принципов содержания и использования лесов, обеспечения интенсивного и устойчивого лесопользования [4, 5] на основе лесоводственной оценки состояния участков – объектов лесоводства может быть определен своеобразный объектный потенциал интенсификации лесопользования – содержания лесов (лесного хозяйства). Для достижения этой цели параметры всех лесных, а также нелесных участков, предназначенных для облесения (в целом объекты лесоводства) сопоставляются с целевыми, устанавливаемыми на основе оценки потенциала лесорастительных условий для выращивания на них целевых насаждений определенных лесобразующих пород.

При этом с учетом подразделения участков лесов по целевому назначению (отнесению к эксплуатационным, защитным лесам, категориям защитных лесов, особо защитным участкам лесов), реального

выполнения ими экологических, природоохранных функций, устойчивости гео- и экосистем, а также комплексной (в том числе экономической, экологической) доступности для проведения соответствующих мероприятий все участки конкретного территориального образования (ПТК, лесничества и т. п.) могут быть разделены на группы, соответствующие определенным типам СЛВ и моделям по интенсивности ведения лесного хозяйства, содержания и использования лесов (СИЛ), включая модели: 1 – традиционно-СИЛ, ориентированного на конечное главное пользование; 2 – многоцелевого интенсивного СИЛ, обеспечивающего максимальное суммарное целевое конечное (главное) и сопутствующее промежуточное пользование; 3 – приоритетно-моноцелевого СИЛ, направленного на максимальное пользование определенными сортами (по циклам лесовоспроизводства) с учетом обеспечения других видов пользования лесами и выполнения участками лесов экологических функций (в том числе на доступном минимальном уровне лесных плантаций); 4 – комплексного охранно-консервационно-восстановительного СИЛ, предназначенного для сохранения и содействия восстановлению лесов, относящихся к резервным, неиспользуемым по разным причинам, в том числе нарушенным, экологически и/или экономически недоступных для ресурсного лесопользования.

За исключением группы участков модели охранно-консервационно-восстановительного СИЛ (где активные лесоводственные мероприятия, как правило, не планируются), участки всех других моделей могут быть объектами интенсификации, учитывая, что реально системные мероприятия содержания и использования лесов на них практически не ведутся, в том числе и в традиционной модели лесного хозяйства.

В то же время для реальной оценки изменения интенсивности ведения лесного хозяйства (содержания и использования лесов) все участки, потенциально включенные в каждую из трех групп или моделей СИЛ, подразделяются по фактическому состоянию и отличию его от целевого по принятым критериям оценки (породный состав, продуктивность, устойчивость, выполнение экологических функций и др.) на категории объектов лесоводства, объединяющие участки:

1) целевых и близких к целевым насаждений, на которых необходимо вести системные мероприятия *основного типа СЛВ* по повторяющимся полным циклам лесовоспроизводства (ЛВП);

2) сравнительно ценных производных древостоев, обеспечиваемых системой лесоводственных мероприятий *производного типа* по полному циклу ЛВП;

3) участки с нецелевыми древостоями и утратившие древостои, на которых необходимо применение переходных восстановительных СЛВ, в том числе участки

3а) с потенциально целевыми насаждениями – объектами реформирования насаждений в целевые;

3б) с насаждениями, утратившими биологическую устойчивость в связи с пожарами, патологией или действием иных негативных факторов;

3в) с малоценными насаждениями, в составе древостоев которых и других ярусах, в том числе в подросте, нет достаточного количества целевых растений для формирования ценных насаждений, то есть с объектами реконструкции;

3г) многолетнелесонепокрытые лесные с давно утраченными древостоями и отсутствием лесовозобновления;

4) участки нелесных земель, предназначенных для лесоразведения и лесораспространения – объекты начально-лесообразовательных лесоводственных систем.

В случае, если на участках традиционной модели лесного хозяйства с целевыми и относительно целевыми, а также ценными производными древостоями (I и II категории объектов) ведутся системные лесоводственные мероприятия по циклам лесовоспроизводства, а улучшающие меры их осуществления существенно не повлияют в целом на интенсивность лесопользования и ведения лесного хозяйства, их можно не включать в состав участков потенциальных объектов интенсификации содержания и использования лесов (это объекты целевого или близкого к целевому содержания и использования лесов).

Тогда «*потенциал объектов интенсификации*» лесопользования – содержания лесов будет включать участки с целевыми (в основном коренными) и относительно целевыми (производными) древостоями (I и II категории) многоцелевой и моноцелевой (2 и 3) моделей интенсивного содержания и использования лесов, а также участки всех категорий нецелевых и утраченных насаждений (III категория), а возможно, и нелесных участков, предназначенных для лесоразведения и лесораспространения (IV категория), причем всех первых трех моделей (1, 2, 3).

Фактический потенциал таких участков и направлений их освоения по приведенным типам и моделям СЛВ необходимо устанавливать по каждому территориальному образованию, в том числе лесничеству и участковым лесничествам, для решения задач планирования и осуществления мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Основы государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в Российской Федерации на период до 2030 г.* Утверждены распоряжением Правительства РФ от 26.09.2013 № 1724-р.

2. *Актуальные* вопросы интенсификации лесопользования в России. Интервью с Б. Романюком, научным руководителем проекта «Псковский модельный лес» и фонда «Грин Форест» // *Устойчивое лесопользование*, 2011, № 4 (29). С. 2–6.
3. *Писаренко А.И.* Лесное хозяйство России: от пользования к управлению / А.И. Писаренко, В.В. Страхов. М.: ИД «Юриспруденция», 2004. 552 с.
4. *Желдак В.И.* Теоретические и методические вопросы эколого-лесоводственного обеспечения интенсивного и устойчивого лесопользования // *Устойчивое лесопользование*, 2011, № 4 (29). С. 7–11.
5. *Желдак В.И.* Концептуальные основы лесоводственного механизма устойчивого управления лесами и лесопользования. *Лесной вестник*, 2013, № 4 (96). С. 108–118.
6. *Интенсивное* лесопользование для России: опыт инноваций проекта «Псковский модельный лес». СПб., 2010. 208 с.

ОЦЕНКА И МОНИТОРИНГ ПОСЛЕПОЖАРНОГО ИЗМЕНЕНИЯ ФИТОМАССЫ В СВЕТЛОХВОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ НИЖНЕГО ПРИАНГАРЬЯ

С.В. ЖИЛА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (getgain@mail.ru)

ASSESSMENT AND MONITORING OF THE POSTFIRE CHANGES OF THE PHYTOMASS IN THE CONIFEROUS STANDS OF THE LOWER ANGARA REGION

S.V. ZHILA

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (getgain@mail.ru)

Лесные пожары оказывают разрушительное воздействие на лесные экосистемы, уничтожая напочвенный покров и фауну, повреждая и нередко губя древостои, вызывая повреждение почвы и ее эрозию. Они оказывают мощное воздействие на лесные экосистемы, их биологическое разнообразие и устойчивость [11, 13]. На светлохвойные леса, которые составляют до 90 % от площади лесов Нижнего Приангарья [2], приходится более 60 % от общего количества лесных пожаров [12].

Фитомасса древостоя вносит значительный вклад в накопление лесной подстилки, которая является горючим материалом – проводником горения при низовых пожарах, а кроновые материалы (хвоя и мелкие ветви) активно участвуют в горении при верховых пожарах. Выявлена зависимость между количеством фитомассы древостоя и его биометрическими характеристиками [7, 4].

Под воздействием пожаров происходит перераспределение фитомассы между живым пологом и мортмассой [15, 10]. Тем не менее, исследования, связанные с оценкой трансформации фитомассы древостоя под воздействием пожаров, единичны.

Целью наших исследований являлись мониторинг и оценка трансформации фитомассы древостоя под воздействием лесных пожаров разной интенсивности в светлохвойных насаждениях Нижнего Приангарья.

Исследования проведены в южнотаежных лиственничниках, репрезентативных для лесов Нижнего Приангарья. Экспериментальные участки были заложены в рамках российско-американского проекта Fire Beag в левобережной части реки Ангары.

Лесоводственно-таксационное описание древостоев на экспериментальных участках проводили по методике В.Н. Сукачева, С.В. Зонна и Г.П. Мотовилова [6].

В 2002–2007 гг. на участках были проведены эксперименты по моделированию поведения пожара при различных погодных условиях и оценке их воздействия на компоненты биогеоценоза. Согласно классификации лесных пожаров по интенсивности, на экспериментальных участках были зафиксированы пожары высокой (более 4001 кВт/м), средней (2001–4000 кВт/м) и низкой (менее 2000 кВт/м) интенсивности [14].

Фитомассу древостоя оценивали методом перечислительной таксации со взятием модельных деревьев по ступеням толщины.

Проведенный анализ данных по фитомассе модельных деревьев подтвердил наличие тесной связи ее отдельных фракций с морфологическими признаками дерева и его возрастом. На ствол приходится до 89 % надземной фитомассы дерева сосны и лиственницы. Значительная часть фитомассы приходится на живые ветки, доля которых составляет у лиственницы до 8,4 %, а у сосны до 21,8 %. Доля хвои варьирует от 0,8 до 2,8 % у лиственницы и от 3,7 до 4,8 % у сосны.

Общая фитомасса древостоя в лиственничных насаждениях составила от 93 до 126 т/га (табл. 1). При этом на стволы приходится 65–89 %, живые ветви – до 22 %, хвою и листья – 4–10 %. Полученные данные сопоставимы со значениями, приведенными В.А. Усольцевым для насаждений подзоны южной тайги Средней Сибири [8]. Естественный отпад деревьев в насаждениях до пожара составлял от 2 до 15 % от их общего количества.

Таблица 1. Динамика фитомассы древостоя лиственничников, т/га

№ участка	Фитомасса до пожара	Время после пожара, лет				
		1	2	3	4	5
1	126,19	116,09	108,52	107,26	103,48	100,95
2	93,79	61,90	54,40	49,71	49,71	47,83
3	100,95	88,84	85,81	85,81	82,78	-*
4	124,24	105,60	103,12	103,12	103,12	-*
5	113,80	103,56	103,56	103,56	101,28	-*
6	100,32	73,23	73,23	70,22	65,21	-*

Примечание: * – отсутствие наблюдений.

Известно, что характер и степень повреждения древостоев пожарами определяется рядом неравнозначных по своему значению факторов. Ими являются вид пожара, тип леса, породный состав, возраст и полнота насаждения, погодные условия [3, 9, 5, 1].

Мы провели мониторинг изменения фитомассы древостоя под воздействием пожаров разной интенсивности. Основной отпад деревьев происходит в первые годы после пожара. Отпад деревьев первого яруса через год после пожара высокой интенсивности составил 34 % и увеличился до 49 % через 5 лет.

Отпад деревьев второго яруса на этом участке уже на второй год составил 100 %. После пожаров средней и низкой интенсивности отпад деревьев первого яруса через 4–5 лет составлял 35 и 20 %, а второго – 62 % и 34 % соответственно. Полный отпад деревьев второго яруса после пожара высокой интенсивности и значительный после пожаров средней и низкой интенсивности объясняется не только присутствием в нем темнохвойных пород, но и высокой сомкнутостью полога за счет подроста. Выявлена тесная связь между интенсивностью пожара и величиной отпада (коэффициент корреляции 0,90).

В зависимости от пирогенного воздействия фитомасса древостоя варьировала от 47,83 т/га до 103,12 т/га (табл. 1). Фитомасса древостоя снизилась на 49 % после высокоинтенсивного, на 35 % после среднеинтенсивного и на 20 % после низкоинтенсивного пожара.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что послепожарная трансформация фитомассы древостоя в южнотаежных лиственничниках определяется главным образом интенсивностью пирогенного воздействия.

Установлена тесная связь между интенсивностью пожара и величиной отпада деревьев. Отпад деревьев составил после пожаров высокой интенсивности до 49 % в первом ярусе и 100 % во втором ярусе. Основной отпад деревьев приходится на первые 2–3 года после пожара. После пожаров выявлено снижение надземной фитомассы древостоев, в первую очередь за счет отпада, – оно составило 20–49 % от допозарного значения в зависимости от интенсивности пожаров и давности их воздействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Воинов Г.С., Софронов М.А.* Прогнозирование отпада в древостоях после низовых пожаров // Современные исследования типологии и пирологии леса. Архангельск: АИЛиЛх, 1976. С. 115–121.
2. *Жуков А.Б.* Леса Красноярского края / А.Б. Жуков, И.А. Коротков, В.П. Кутафьев, Д.И. Назимова, С.П. Савин, Ю.С. Чербыникова // Леса СССР. М.: Наука, 1969. С. 248–320.
3. *Мелехов И.С.* Влияние пожаров на лес. М.-Л.: Гослестехиздат, 1948. 126 с.
4. *Онучин А.А., Спицына Н.Т.* Закономерности изменения массы хвои в хвойных древостоях // Лесоведение, 1995, № 5. С. 48–58.
5. *Санников С.Н.* Лесные пожары как эволюционно-экологический фактор возобновления популяций сосны в Зауралье // Горение и пожары в лесу / матер. совещания. Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1973. С. 236–277.
6. *Сукачев В.Н., Зонн С.В., Мотовилов Г.П.* Методические указания к изучению типов леса. М.: Изд. АН СССР, 1957. 115 с.
7. *Усольцев В.А.* Рост и структура фитомассы древостоев. Новосибирск: Наука, 1988. 250 с.
8. *Усольцев В.А.* Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии. Методы, база данных и ее приложения. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 635 с.
9. *Фуряев В.В.* Изучение послепожарной динамики лесов на ландшафтной основе / В.В. Фуряев, Д.М. Киреев. Новосибирск: Наука, 1979. 160 с.
10. *Ivanova G.A., Conard S.G., Kukavskaya E.A., McRae D.J.* Fire impact on carbon storage in light conifer forests of the Lower Angara region, Siberia // Environmental Research Letters, 2011, № 6, is. 4.
11. *Kasischke E.S., Christensen N.L., Stocks B.J.* Fire, global warming, and the carbon balance of boreal forests // Ecol. Appl., 1995, vol. 5. Pp. 437–451.
12. *Korovin G.N.* Analysis of the Distribution of Forest Fires in Russia // Fire in Ecosystems of Boreal Eurasia. Dordrecht / Boston / London: Kluwer Academic Publishers, 1996. Pp. 112–128.
13. *Le Goff H., Girardin M.P., Flannigan M.D., Bergeron Y.* Dendroclimatic inference of wildfire activity in Quebec over the 20th century and implications for natural disturbance-based forest management at the northern limit of the commercial forest // International Journal of Wildland Fire, 2008, № 17. Pp. 348–362.
14. *McRae D.J.* Variability of Fire Behavior Fire Effects and Emissions in Scotch Pine Forests of Central Siberia / D.J. McRae [et al.] // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 2006, vol. 11 (1). Pp. 45–74.
15. *Wardle D.A., Hornberg G., Zackrisson O., Kalela-Brundin M., Coomes D.A.* Long-term effects of wildfire on ecosystem properties across an island area gradient // Science, 2003, 300. Pp. 972–975.

СТАРЕЙШИЕ ИСКУССТВЕННЫЕ НАСАЖДЕНИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА СТАРОПАХОТНЫХ ЗЕМЛЯХ

С.В. ЗАЛЕСОВ, Л.А. БЕЛОВ, А.Г. МАГАСУМОВА, А.С. ОПЛЕТАЕВ, Е.В. ЮРОВСКИХ

Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург (Zalesov@usfeu.ru)

THE OLDEST PLANTATIONS OF SCOTS PINE IN OLD-ARABLE LANDS

S.V. ZALESOV, L.A. BELOV, A.G. MAGASUMOVA, A.S. OPLETAYEV, YE.V. YUROVSKIH

Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg

Изменение экономической формации в нашей стране привело к банкротству значительного количества совхозов и колхозов, что, в свою очередь, обусловило исключение из активного сельскохозяйственного использования миллионов гектар пашен, сенокосов и пастбищ. Согласно официальным источникам, в настоящее время в России выведено из оборота и не используется, в частности, до 40 млн га пашен.

Бывшие сельскохозяйственные угодья зарастают древесно-кустарниковой растительностью, задерживают и заболачиваются. Освоение указанных земель для выращивания сельскохозяйственных культур весьма проблематично, поскольку требует значительных финансовых затрат. В то же время на Урале имеется 140-летний опыт выращивания высокопродуктивных искусственных насаждений на бывших сельскохозяйственных угодьях.

В частности, в 1875 г. по указанию хозяина Черкаскульской дачи Екатеринбургского уезда Николая Алексеевича Злоказова были заложены лесные культуры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Посадками руководил А.И. Клинов. Лесные культуры были созданы на бывшей пашне около озера Окункуль на площади 19,8 га. В настоящее время указанный участок относится к кварталу 45, выдел 27 и кварталу 46, выдел 16 Тюбукского участкового лесничества Челябинского областного бюджетного учреждения «Каслинское лесничество» Южно-Уральского лесостепного района.

В 1975 г. сформировавшиеся искусственные насаждения были выделены в памятник природы регионального значения «Участок 100-летних культур сосны». Согласно материалам лесоустройства, искусственные насаждения характеризовались исключительно высокой производительностью (табл. 1).

Таблица 1. Основные таксационные показатели искусственных насаждений сосны обыкновенной в Каслинском лесничестве по данным лесоустройства

№ квартала	№ выдела	Площадь, га	Состав	Средние			Полнота	Запас, м ³ /га	Класс бонитета
				возраст, лет	высота, м	диаметр, см			
Лесоустройство 1975 г.									
45	27	2,0	10С	100	30	36	1,0	490	I
46	16	18,0	10С	100	30	36	1,0	490	I
Лесоустройство 1986 г.									
45	27	2,0	10С	110	27	36	1,0	570	I
46	16	18,0	10С	110	28	40	1,0	600	I
Лесоустройство 1996 г.									
45	27	2,0	10С	120	28	36	1,0	600	II
46	16	17,5	10С	120	28	40	1,0	600	II

Материалы табл. 1 свидетельствуют, что даже согласно усредненным лесоустроительным материалам запас анализируемых лесных культур в 100-летнем возрасте достигал 490 м³/га, а в 120-летнем – 600 м³/га. Другими словами, средний прирост в 120-летних искусственных насаждениях за весь период лесовыращивания составлял 5 м³/га, что значительно выше аналогичного показателя сосновых древостоев района исследований.

Особенно впечатляют размеры деревьев в искусственных насаждениях. Так, средний диаметр в 100-летнем возрасте в целом по выделам составляет 36–40 см при средней высоте 28 м.

Известно [1, 3, 4], что хвойные насаждения, созданные на бывших пашнях, сильно страдают от корневой губки (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Brefs. str.). Выполненные нами в 2015 г. исследования показали, что, несмотря на 140-летний возраст, искусственные сосновые насаждения прекрасно себя чувствуют (табл. 2).

Материалы заложенных постоянных пробных площадей (ППП) показали, что в насаждениях продолжается увеличение средних таксационных показателей. Так, в частности, средний диаметр деревьев

сосны в 140-летнем возрасте составляет 39,2–40,6 см при варьировании значений средних высот от 32,1 до 33,8 м. Особо следует отметить рекордные для района исследований запасы древесины от 908 до 915 м³/га. В естественных и искусственных древостоях, выращенных на вырубках, такие запасы не были зафиксированы ни разу.

Таблица 2. Таксационные показатели 140-летних искусственных сосновых насаждений Каслинского лесничества

№ ППП	Состав	Средние			Полнота		Густота, шт./га	Запас, м ³ /га	Класс бонитета
		возраст, лет	высота, м	диаметр, см	абсолютная, м ² /га	относительная			
Квартал 45, выдел 27									
2	9,8С	140	33,8	39,2	60,2		500	887	
	0,2Б		15,1	12,9	2,5 62,7	1,6	190 690	21 908	I
Квартал 46, выдел 16									
1	9,6С	140	32,1	40,6	64,7		500	881	
	0,4Б		17,6	13,5	3,6 68,3	1,7	250 750	34 915	I

Высокая производительность искусственных сосновых насаждений, так же как и лиственничников [2], свидетельствует о целесообразности создания лесных культур указанных пород на бывших сельскохозяйственных угодьях.

Во избежание создания монокультур сосны с повышенной пожарной опасностью насаждений на бывших сельскохозяйственных угодьях рекомендуется создавать блоки лесных культур сосны площадью не более 10 га, чередуя их полосами из лесных культур лиственниц Сукачева или сибирской шириной 40 м. При невозможности создания лесных культур из лиственницы полосы оставляются для естественного лесовозобновления березой повислой. Создание системы блоков существенно облегчит борьбу с лесным пожаром в случае его возникновения.

Выводы

1. На бывших сельскохозяйственных угодьях можно выращивать высокопроизводительные искусственные сосновые насаждения.
2. Береза повислая в искусственных сосновых насаждениях имеет естественное происхождение и способствует очищению деревьев сосны от сучьев, а также препятствует развитию корневой губки.
3. Создание лесных культур на бывших сельскохозяйственных угодьях будет способствовать минимизации ущерба от прекращения сельскохозяйственного использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Артюховский А.К.* О выращивании сосны на старопахотях // Вестник Центрально-Черноземного регионального отделения науки о лесе. Академия естественных наук ВГЛТА, 2000. № 3. С. 174–176.
2. *Залесов С.В., Юровских Е.В., Белов Л.А., Оплетев А.С.* Рост лиственничных древостоев на бывших пашнях // Аграрный вестник Урала, 2015, № 5 (135). С. 50–54.
3. *Онучин А.А., Маркова И.И., Павлов И.Н.* Влияние рубок ухода на радиальный прирост стволов и формирование сосновых молодняков // Хвойные бореальной зоны. Красноярск, 2011, т. XXIX, № 3–4. С. 258–267.
4. *Павлов И.Н., Барабанова О.А., Кулаков С.С., Юшакова Т.Ю., Агеев А.А., Пашенова Н.В., Тарасов П.А., Шевцов В.В., Иванова Т.Н.* К вопросу образования очагов куртинного усыхания сосны обыкновенной на старопахотных землях (роль корневой губки, эдафических факторов и изменения климата) // Хвойные бореальной зоны. Красноярск, 2010, т. XXVII, № 3–4. С. 263–272.

СХОДСТВО И РАЗЛИЧИЕ ДВУХ БОЛЬШИХ ВЫБОРОК В ПРЕДЕЛАХ ОДНОГО ПРИРОДНОГО ЛЕСНОГО МАССИВА

Р.А. ЗИГАНШИН¹, А.В. КАЧАЕВ²

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (kedr@ksc.krasn.ru)

²ЖКХ КНЦ СО РАН, Красноярск (avkachaev@gmail.com)

SIMILARITIES AND DIFFERENCES OF TWO LARGE SAMPLES WITHIN ONE NATURAL FOREST STAND

R. A. ZIGANSHIN¹, A. V. KACHAEV²

¹V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (kedr@ksc.krasn.ru)

²HCS KSC SB RAS, Krasnoyarsk (avkachaev@gmail.com)

Лесной массив как крупнейший объект лесной таксации до сих пор недостаточно изучен. Между тем он является важной структурной единицей лесного покрова Земли [2, 3]. В случае перехода на хозяйствование с учетом границ природных лесных массивов народное хозяйство получает ряд преимуществ, важнейшими из которых можно назвать постановку лесного хозяйства на подлинную лесотипологическую основу, получение возможности осуществления лесоустройства по участковому методу в условиях наиболее высокоинтенсивных производств, составление наиболее высокоточных местных лесотаксационных таблиц. С целью изучения внутренней структуры природных лесных массивов предпринимаются первые шаги [2, 3, 4]. В данной работе проверяется гипотеза о возможной флористической близости двух крупных территориальных частей одного природного лесного массива на примере соседних участков лесничеств в Южном Прибайкалье (Республика Бурятия). В качестве сопоставляемых эколого-флористических таксонов рассматриваются серии типов леса (табл. 1) и отдельные типы леса лесообразующих древесных пород (табл. 2).

Таблица 1. Сравнение сходства серий типов леса соседних лесничеств

Танхойское лесничество	Выдринское лесничество
1. Багульниковая	1. Багульниковая
2. Бадановая	2. Бадановая
3. Брусничниковая	3. Брусничниковая
4. Горно-каменистая	4. Долинно-разнотравная
5. Долинно-разнотравная	5. Ерниковая
6. Злаково-разнотравная	6. Злаково-разнотравная
7. Зеленомошная	7. Зеленомошная
8. Зеленомошно-брусничниковая	8. Зеленомошно-черничниковая
9. Зеленомошно-черничниковая	9. Крупнотравная
10. Кедровостланиковая	10. Кедровостланиковая
11. Кустарниковая	11. Мелкотравно-кустарниковая
12. Лишайниковая	12. Осоковая
13. Мелкотравно-кустарниковая	13. Пихтовостланиковая
14. Ольховниковая	14. Сфагновая
15. Осоковая, Хвощево-осоковая	15. Широкотравная
16. Рододендроновая	
17. Травяно-болотно-кустарниковая	
18. Широкотравная	

Таблица 2. Сравнение идентичности типов леса основных лесообразующих пород соседних лесничеств

Танхойское лесничество	Выдринское лесничество
1. Кедрач багульниковый	1. Кедрач багульниковый
2. Кедрач бадановый	2. Кедрач бадановый
3. Кедрач брусничниковый	3. Кедрач брусничниковый
4. Кедрач горно-каменистый	4. Кедрач зеленомошный
5. Кедрач долинно-разнотравный	5. Кедрач долинно-разнотравный
6. Кедрач злаково-разнотравный	6. Кедрач злаково-разнотравный
7. Кедрач зеленомошно-брусничниковый	7. Кедрач крупнотравный
8. Кедрач мелкотравно-кустарниковый	8. Кедрач мелкотравно-кустарниковый
9. Кедрач осоковый	9. Кедрач осоковый
10. Кедрач рододендроновый	10. Кедрач кедровостланиковый
11. Кедрач травяно-болотно-кустарниковый	11. Кедрач пихтовостланиковый
12. Кедрач широкотравный	12. Кедрач широкотравный

13. Пихтач бадановый	13. Кедрчак сфагновый
14. Пихтач брусничниковый	14. Пихтач бадановый
15. Пихтач горно-каменистый	15. Пихтач брусничниковый
16. Пихтач злаково-разнотравный	16. Пихтач багульниковый
17. Пихтач зеленомошный	17. Пихтач злаково-разнотравный
18. Пихтач зеленомошно-брусничниковый	18. Пихтач зеленомошный
19. Пихтач кедровостланиковый	19. Пихтач долинно-разнотравный
20. Пихтач мелкотравно-кустарничковый	20. Пихтач кедровостланиковый
21. Пихтач осоковый	21. Пихтач пихтовостланиковый
22. Пихтач травяно-болотно-кустарниковый	22. Пихтач широкоотравный
23. Пихтач широкоотравный	23. Пихтач мелкотравно-кустарничковый
Танхойское лесничество	
Выдринское лесничество	
24. Березняк багульниковый	24. Березняк багульниковый
25. Березняк брусничниковый	25. Березняк брусничниковый
26. Березняк долинно-разнотравный	26. Березняк долинно-разнотравный
27. Березняк злаково-разнотравный	27. Березняк злаково-разнотравный
28. Березняк зеленомошный	28. Березняк зеленомошный
29. Березняк зеленомошно-брусничниковый	29. Березняк бадановый
30. Березняк зеленомошно-черничниковый	30. Березняк зеленомошно-черничниковый
31. Березняк мелкотравно-кустарничковый	31. Березняк мелкотравно-кустарничковый
32. Березняк ольховниковый	32. Березняк пихтовостланиковый
33. Березняк осоковый	33. Березняк осоковый
34. Березняк травяно-болотно-кустарниковый	34. Березняк сфагновый
35. Березняк широкоотравный	35. Березняк широкоотравный
36. Топольник долинно-разнотравный	36. Топольник долинно-разнотравный
37. Топольник злаково-разнотравный	37. Топольник злаково-разнотравный
38. Топольник широкоотравный	38. Топольник широкоотравный
	39. Топольник бадановый
	40. Топольник зеленомошный
	41. Топольник осоковый

В ботанике известно несколько математических критериев для оценки сходства и различия сравниваемых флор [1, 5, 6]. По оценке В.М. Шмидта [6], наиболее надежно работающими являются два из них – коэффициент Жаккара и коэффициент Стюгrena – Радулеску. Коэффициент Жаккара вычисляется следующим образом:

$$K_G = \frac{\bar{n}}{a + b - c},$$

где a – число видов в одной флоре;

b – число видов в другой флоре;

c – число видов, общих для двух флор.

Пределы этого коэффициента – от 0 до 1, причем $K_G = 1$ означает полное сходство флор (абсолютное совпадение списков), а $K_G = 0$ означает, что флоры не имеют ни одного общего вида.

Коэффициент сходства-различия Стюгrena – Радулеску определяют по следующей формуле:

$$K_{St} = \frac{X + Y - Z}{X + Y + Z},$$

где X – число видов, встречающихся в первой флоре, но отсутствующих во второй; Y – число видов, встречающихся во второй флоре, но отсутствующих в первой; Z – число видов, встречающихся в обеих флорах.

Величина коэффициента варьирует в пределах от -1 до +1. В пределах от -1 до 0 он указывает на сходство, а в пределах от 0 до +1 – на различие (дискриминацию) флор.

В нашем случае для оценки различия-сходства списков серий типов леса (табл. 1) двух соседних лесничеств имеем для вычисления коэффициента Жаккара число сериальных видов в Танхойском лесничестве – 18, в Выдринском – 15. Число общих видов – 11. По вышеприведенной формуле $K_G = 0,5$.

Коэффициент Жаккара для оценки сходства-различия по спискам отдельных типов леса (табл. 2) имел следующие исходные данные: 38 типов леса в первой флоре (Танхойской), 41 тип леса во второй флоре (Выдринской) и 27 общих типов леса, поэтому он равняется 0,52 (сходства чуть больше, чем различия).

Для вычисления коэффициента сходства-различия Стюгrena – Радулеску по спискам серий типов леса (табл. 1) имеем: $X = 7$, $Y = 4$, $Z = 11$. $K_{St} = 0$. По спискам типов леса (табл. 2) имеем: $X = 11$, $Y = 14$, $Z = 27$. В этом случае $K_{St} = -0,04$ (показывает минимальное сходство).

Итак, наш опыт показал, что сравнение сериальных списков и списков типов леса двух территори-

ально соседствующих лесничеств, находящихся в одном природном лесном массиве, не выявил достоверной разницы между сходством и различием двух этих флор (чуть-чуть больше сходства между типами леса, а в целом между сходством и различием флор наблюдается равенство). Это говорит о том, что даже при одинаковом климате и рельефе внутренняя структура природных лесных массивов (во всяком случае, в горах) настолько сложна, что абсолютными показателями родства флор могут служить только преобладающие древесные формации. В данном случае это хвойные лесообразующие породы, слагающие темно-хвойные леса.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Василевич В.И.* Статистические методы в геоботанике. Л., 1969. 129 с.
2. *Зиганин Р.А.* Лесной массив. Географические и лесотаксационные признаки и критерии // Сибирский лесной журнал, 2014, № 1. С. 50–68.
3. *Зиганин Р.А.* Лесной массив. Географические и лесотаксационные признаки и критерии // Сибирский лесной журнал, 2014, № 2. С. 22–42.
4. *Зиганин Р.А., Качаев А.В.* Лесной массив: динамика средних диаметров лиственных древостоев ведущих типов леса // Сибирский лесной журнал, 2014, № 3. С. 91–106.
5. *Тамарин П.В., Шмидт В.М.* Сравнительный анализ некоторых коэффициентов сходства // Успехи биометрии. Тр. Ленингр. о-ва естествоиспытателей, т. 72, вып. 5. Л., 1975. С. 45–54.
6. *Шмидт В.М.* Математические методы в ботанике. Учеб. пособие. Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. 288 с.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ NOSQL СУБД MONGODB ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ЛЕСОТАКСАЦИОННЫХ ДАННЫХ

Р.А. ЗИГАНШИН¹, А.В. КАЧАЕВ²

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (kedr@ksc.krasn.ru)

²ЖКХ КНЦ СО РАН, Красноярск (avkachaev@gmail.com)

EXPERIENCE OF NOSQL DATABASE MONGODB USING FOR STORAGE AND SUBSEQUENT PROCESSING OF STANDARD FOREST INVENTORY DATA

R.A. ZIGANSHIN¹, A.V. KACHAEV²

¹V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (kedr@ksc.krasn.ru)

²HCS KSC SB RAS, Krasnoyarsk (avkachaev@gmail.com)

Лесостроительные базы данных являются одним из важных источников информации в принятии хозяйственных решений о лесном фонде России [1].

Геоинформационные технологии и методы дистанционного зондирования [2, 3] позволяют поддерживать информацию о лесном фонде в актуальном состоянии.

История возникновения систем обработки лесостроительной информации (СОЛИ) [4] относится к периоду 90-х гг. Разрабатываемые программные системы в различных регионах должны были использовать единый формат кодирования данных СОЛИ. Сжатый (упакованный) формат баз данных в СОЛИ обусловлен требованиями работы на слабых компьютерах и размещения баз данных лесничеств на дискетах емкостью 1,4 МВ. Обработка данных в формате СОЛИ внешними программами была крайне затруднительна.

ГИС «Лесные ресурсы» (FORMAP), «ЛЕС», разработанные на основе ARC GIS [3, 5], для хранения данных о лесном фонде используют реляционную СУБД (систему управления базами данных) ORACLE.

При разработке ГИС-проекта национального парка «Беловежская пуца» [6] пространственные и атрибутивные данные были реализованы с использованием следующих программных продуктов: ArcGIS и СУБД Microsoft Access.

Для создания методики оценки напряженности пожарной опасности, необходимой для разработки программ долгосрочных лесоохранных мероприятий, в работе [7] используются геоинформационные технологии. Для хранения пространственных и атрибутивных данных использовались: инструментальная ГИС MapInfo Professional 8.5, СУБД MySQL, Microsoft Access и сервер баз данных MySQL 4.1.2.

В международной программе ЕЭК ООН ICP Forests в проекте мониторинга состояния лесов в мире при организации пространственных и атрибутивных данных в системе лесопатологического мониторинга России в качестве СУБД выбрана MySQL 5.1 – открытая высокопроизводительная многопользовательская система, построенная с использованием архитектуры клиент/сервер и, соответственно, позволяющая разделить ресурсы и обеспечить доступ к серверу базы данных по сети. За время работы над проектом данные поступали из разных организаций, в разных форматах: в формате СУБД Access, PostgreSQL, MS Excel и различных текстовых форматах. Для картографического представления и пространственного анализа данных мониторинга ICP Forests выбран ГИС-пакет ArcView9.3 с широкими функциональными возможностями хранения, обработки, анализа и отображения информации.

Из краткого обзора можно сделать следующий вывод: при проектировании атрибутивных данных использовался реляционный подход и различный спектр реляционных СУБД.

В работе авторов [9] использовались таксационные описания Танхойского лесничества, лесоинвентаризации Белорусского лесостроительного предприятия, проведенной в 1981–1982 гг. Таксационные описания были переведены в электронный формат таблиц Microsoft Excel. Для работы с данными нами разработан комплекс программ с использованием языка программирования VBA Microsoft Office.

Наполнение существующих таксационных данных географическими признаками и возможностью формировать произвольные выборки ставит задачу определения структуры базы данных.

При проектировании структуры базы данных таксационных описаний нами выбран NOSQL (англ. *not only SQL, не только SQL*) подход [10]. NOSQL подход применяется к базам данных, в которых решаются проблемы масштабируемости и доступности за счет атомарности и согласованности данных. Одной из характерных черт данного подхода является возможность разработки базы данных без задания схемы. MongoDB [10] является NOSQL документоориентированной СУБД с открытым исходным кодом и служит для хранения иерархических структур данных. MongoDB управляет наборами JSON-подобных документов, хранимых в двоичном виде в формате BSON.

Опишем один таксационный выдел в формате JSON:

```
{ "nk": "номер квартала", "nv": "номер выдела", "sv": "S выдела (план / факт)", "cs": "Категория площа-
```

дей ", "mp": " Местоположение ", "hs": "Набс. над уровнем моря", "ex": "Экспозиция", "ss": "Крутизна склона ", "kz": "Категория защитности", "bo": "Бонитет", "com": [{"co": "коэфф.", "wo": "К"}, {"co": "коэфф.", "wo": "Пх"}, {"co": "коэфф.", "wo": "Е"}, {"co": "коэфф.", "wo": "Ет"}, {"co": "коэфф.", "wo": "С"}, {"co": "коэфф.", "wo": "Лц"}, {"co": "коэфф.", "wo": "Б"}, {"co": "коэфф.", "wo": "Ос"}, {"co": "коэфф.", "wo": "Т"}, {"co": "коэфф.", "wo": "К ст."}, {"co": "коэфф.", "wo": "Ерн"}, {"co": "коэфф.", "wo": "Ива"}], "gs": " Общий запас М (м³/га)", "ht": " Н яруса, м ", "pt": " Р яруса, план / факт ", "pf": " Р общее факт ", "ev": " Е ", dwo: {"co": " коэфф.", "wo": "порода", "aw": " А, лет ", "hw": " Н, м ", "dw": " Д, см ", "mv": " М, м³/га "}, "wv": " Сухостой ", "wm": " Валеж ", "und": [{"co": "коэфф.", "wo": "К"}, {"co": "коэфф.", "wo": "Пх"}, {"co": "коэфф.", "wo": "Е"}, {"co": "коэфф.", "wo": "Ет"}, {"co": "коэфф.", "wo": "С"}, {"co": "коэфф.", "wo": "Лц"}, {"co": "коэфф.", "wo": "Б"}, {"co": "коэфф.", "wo": "Ос"}, {"co": "коэфф.", "wo": "Т"}, {"co": "коэфф.", "wo": "К ст."}], duw: {"co": " коэфф.", "wo": "порода", "auwo": " А, лет ", "huwo": " Н, м ", "nuwo": "N, тыс. шт."}, "gro": {"cu": ["Состав"]}, "gu": " Густота ", "cbr": [{"pe": "%", "br": "Ягода"}], "ec": " Хоз. категория ", "er": " Хоз. часть ", "eo": " Хоз. распоряжения ", "tf": " Тип леса "}

Нами написан конвертор Танхойских описаний в формате JSON на языке программирования VBA. Далее приведем выдел Танхойского лесничества в формате JSON для ввода в СУБД MongoDB:

```
{ "nk": 4, "nv": 4, "sv": 2.6, "cs": 1, "bo": "iv", "ht": 1, "pt": 0.4, "aw": 5, "hw": 1, "ec": "заповед.", "er": "з. п. ж/д", "eo": "и.и.р.п", "tf": "зл. рт.", "com": [{"co": 10, "wo": "б"}, {"co": 0, "wo": "к"}, {"co": 0, "wo": "с"}] }
```

Вот некоторые команды работы в СУБД MongoDB.

Импорт таксационных данных в базу данных MongoDB:

```
>use tanh
```

```
>mongoimport -d tanh -c videl tanh.json
```

Первая команда создает базу таксационных данных Танхойского лесничества под именем- tanh. Вторая команда импортирует текстовый файл- tanh.json содержащих данные Танхойского лесничества в формате JSON в базу tanh как коллекцию[10] videl.

```
>db.tanh.find()
```

```
{ "nk": 4, "nv": 4, "sv": 2.6, "cs": 1, "bo": "iv", "ht": 1, "pt": 0.4, "aw": 5, "hw": 1, "ec": "заповед.", "er": "з. п. ж/д", "eo": "и.и.р.п", "tf": "зл. рт.", "com": [{"co": 10, "wo": "б"}, {"co": 0, "wo": "к"}, {"co": 0, "wo": "с"}] } и т.д.
```

Команда извлечение содержимого базы данных tanh.

```
>db.mybase.update({"nk": 4, "nv": 4}, {$set: {Elev: 800}})
```

Для обновления используется метод update, первый аргумент которого определяет список обновляемых документов, второй- как отобранные документы модифицируются. Следующая команда добавляет в документ с номером квартала 4 и номером выдела 4 дополнительное поле "Elev"- высота над уровнем моря, со значением 800 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лесоустроительная инструкция*. Утверждена приказом Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоз) от 12 декабря 2011 г. № 516 г. Москва "Об утверждении Лесоустроительной инструкции" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.rg.ru/2012/03/07/lesoustroystvo-site-dok.html>
2. *Исаев А.С., Черненко Т.В.* Уникальность современного этапа дистанционного зондирования лесов России // Сибирский лесной журнал. 2015. № 5. С. 26–41.
3. *Толкач И.В.* основные направления развития системы лесоустройства и методов инвентаризации лесов Беларуси // Труды БГТУ. 2015. № 1: Лесное хоз-во. С. 50–53.
4. *Черных В.Л., Сысыев В.В.* Информационные технологии в лесном хозяйстве: Учебное пособие. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. - 378 с.
5. *Атрощенко О.А.* Стратегия развития лесоустройства в Беларуси // Труды БГТУ. 2012. № 1: Лесное хоз-во. С. 3–6.
6. *Митько М.А.* Мониторинг динамики лесного фонда методами ГИС-технологий. Сборник работ 70-ой научной конференции студентов и аспирантов Белорусского государственного университета, 15–18 мая 2013 г., Минск: В 3 ч. Ч. 1 / Белорус. гос. ун-т. - С. 68-71.
7. *Глаголев В.А., Козан Р.М.* Применение ГИС-технологий для оценки напряженности пожароопасных сезонов на примере территории еврейской автономной области и хабаровского края с.262-266. // Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении и лесном хозяйстве: Доклады V Всероссийской конференции, посвященной памяти выдающихся ученых-лесоводов В.И. Сухих и Г.Н. Коровина (Москва, 22-24 апреля 2013 г.) - М.: ЦЭПЛ РАН, 2013 г. 348 с.
8. *Князева С.В., Эйдлина С.П.* организация пространственных и атрибутивных данных в системе лесопатологического мониторинга по международной программе Icp Forests с. 283-287. // Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении и лесном хозяйстве: Доклады V Всероссийской конференции, посвященной памяти выдающихся ученых-лесоводов В.И. Сухих и Г.Н. Коровина (Москва, 22-24 апреля 2013 г.) - М.: ЦЭПЛ РАН, 2013 г. 348 с.
9. *Зиганшин Р.А., Качаев А.В.* Лесной массив: динамика средних диаметров лиственных древостоев ведущих типов леса // Сибирский лесной журнал. 2014. № 3. С. 91–106.
10. *Кайл Бэнкер.* MongoDB в действии. / Пер. с англ. Слинкина А.А. – М.: ДМК Пресс, 2012. - 394с.

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ ПРИ ИНТЕНСИВНОМ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИИ

В.В. ИВАНОВ, А.Н. БОРИСОВ, А.Е. ПЕТРЕНКО, А.А. ОНУЧИН

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (viktor_ivanov@ksc.krasn.ru)

FORMATION OF PINE STANDS STRUCTURE IN INTENSIVE FOREST CULTIVATION

V.V. IVANOV, A.N. BORISOV, A.YE. PETRENKO, A.A. ONUCHIN

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (viktor_ivanov@ksc.krasn.ru)

Интенсификация лесного хозяйства позволяет существенно повысить продуктивность лесов и их ресурсный потенциал. Для этой цели необходима разработка лесоводственных способов и приемов мало-затратного и эффективного восстановления и выращивания высокопродуктивных насаждений экологического и эксплуатационного назначения в обжитых и достаточно населенных лесостепных, подтаежных и южнотаежных районах Красноярского края.

Сосновые боры лесостепной зоны являются особо ценными лесными массивами, выполняющими защитные, средообразующие, рекреационные и другие функции. Повышение устойчивости и продуктивности лесостепных сосновых боров является важнейшей задачей лесного хозяйства. Большая роль в достижении поставленной задачи принадлежит рубкам ухода. Рубки ухода за лесом проводятся с целью повышения эффективности использования естественного лесовосстановительного, продукционного и ресурсно-экологического потенциала лесных экосистем и поддержания его на достаточном уровне. Они представляют собой систему мероприятий, определяющих поэтапный процесс формирования хозяйственно ценных насаждений от момента смыкания молодняков до возраста технической (естественной) спелости.

Объектом исследования являлись чистые по составу сосновые насаждения в возрасте 16, 47 и 110 лет. Они характеризовались высокой полнотой, густотой и интенсивными процессами дифференциации деревьев. Отбор и назначение деревьев в рубку производились в соответствии с Наставлением [6], при этом использовалась классификация Крафта: к лучшим относились деревья I–II классов, к вспомогательным – III класса и к нежелательным (подлежащим удалению) – деревья IV–V классов.

Существующие нормативы интенсивности рубок и относительной полноты не в полной мере обеспечивают оптимальные параметры древостоев после рубок. Между тем оставляемая часть насаждения определяет рост и продуктивность формируемого рубками ухода древостоя. Площадь роста дерева является той оценкой доступного ресурса, которая во многом определяет прирост по диаметру ствола. Использование площадей роста позволило оценить, какую величину этого показателя в том или ином возрасте должны иметь деревья для реализации потенциала эффективного роста. Вопросы оптимизации структуры древостоев должны решаться с учетом не только их целевого назначения, но и лесоразительного районирования и типологической дифференциации. В зависимости от этого критерии оптимальности структуры древостоев могут существенно меняться. Достаточно точное и объективное определение оптимальной густоты обеспечивает метод, основанный на сравнении максимальных (а не средних) значений текущего прироста деревьев с их площадями питания и числом на 1 га. При определении благоприятных условий роста имеет смысл учитывать деревья I–II классов Крафта [5] или деревья II–III типов онтогенеза по Г.Л. Кравченко [3] как наиболее эффективно использующие свои площади питания для увеличения прироста.

На основании данных полевых исследований структуры сосновых древостоев в разных лесорастительных условиях разработан подход, позволяющий определить оптимальную структуру сосняков на разных возрастных этапах их формирования. Предлагаемый подход основан на использовании областей доминирования (ОД) – областей, в которых каждая особь оказывает доминирующее влияние в пространственном освоении ресурса, и это влияние прямо пропорционально размеру особи и обратно пропорционально квадрату расстояния от нее [1]. Полученные данные показывают, что деревья, имеющие площадь ОД 30–40% от величины ОД для свободно растущих деревьев, имеют хорошо развитую крону и обладают устойчивыми темпами роста в высоту и по объему ствола. Оптимальные значения площади ОД ($S_{\text{опт}}$) рассчитывались в зависимости от значений диаметра ствола на высоте 1,3 м и с учетом условий местообитания в соответствии с методикой, описанной в [1]. Для деревьев, испытывающих конкурентное влияние соседей, площадь ОД будет тем меньше, чем острее конкуренция. Используя значение $S_{\text{опт}}$, можно рассчитать густоту одновозрастного древостоя как $N = 10\,000/S_{\text{опт}}$. Для чистых по составу сосновых насаждений в возрасте 16, 47 и 110 лет проведен анализ динамики годичного радиального прироста до и после рубок разной интенсивности [2, 7]. Полученные данные сравнивались с данными на контрольных участках, где рубки не проводились. В результате рубки произошло перераспределение доступного ресурса.

Выявлена реакция деревьев на рубку в зависимости от увеличения площади роста. Средние ежегодные радиальные приросты, вычисленные по пяти годам непосредственно после рубки, приведены для всех трех групп древостоев на рис. (контрольные участки указаны с добавлением к возрасту буквы 'к'). Там же показаны отклонения от оптимальной густоты, которые рассчитывались как $\Delta N = (N_{\text{факт}} - N_{\text{опт}}) / N_{\text{опт}} * 100\%$, где $N_{\text{факт}}$ – фактическая, а $N_{\text{опт}}$ – расчетная оптимальная густота.

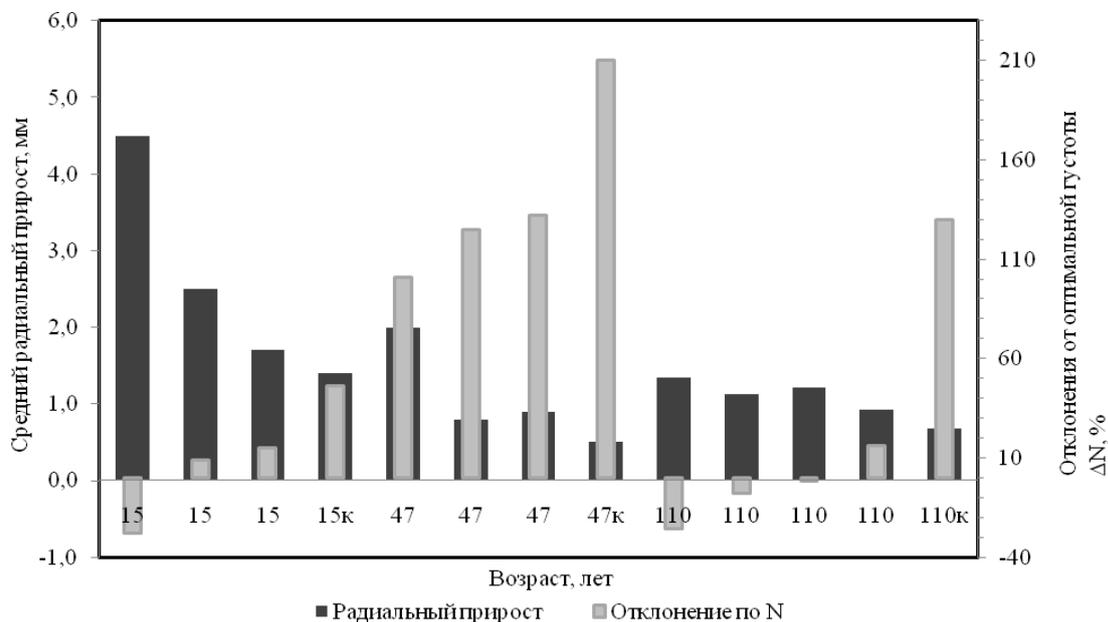


Рис. Средний радиальный прирост в зависимости от отклонения густоты от оптимальной

Полученные результаты показывают наличие тесной обратной зависимости среднего радиального прироста от густоты древостоя для всех рассмотренных возрастных этапов роста. Заметим, что при густоте меньшей, чем оптимальная, можно получить более высокие значения прироста. Следует иметь в виду, что максимальная продуктивность каждого дерева в таком древостое не означает максимальной продуктивности древостоя в целом. При увеличении ОД прирост по объему вначале увеличивается, а потом остается на одном уровне или даже снижается за счет разрастания крон [4]. При уменьшении ОД формируется древостой, который может обладать большей густотой и высокой полнотой, но характеризуется меньшим значением среднего диаметра и большой дифференциацией по диаметрам. Проведенные исследования позволяют обеспечить в рамках предложенного подхода интенсивное лесовыращивание и формирование структуры древостоев, обеспечивающей выполнение как хозяйственных, так и экологических функций лесов. Эти данные могут быть использованы при разработке рекомендаций по проведению рубок ухода в сосновых насаждениях на разных возрастных этапах их формирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисов А.Н., Иванов В.В., Екимов Е.В. Метод оценки пространственного распределения ресурса в экологической нише // Сибирский лесной журнал, 2014, № 5. С. 113–121.
2. Борисов А.Н., Иванов В.В., Петренко А.Е. Оценка реакции сосновых древостоев Красноярской лесостепи на рубку ухода // Лесоведение, 2014, № 4. С. 22–27.
3. Кравченко Г.Л. Закономерности роста сосны. М.: Лесная пром-ть, 1972. —168 с.
4. Кузьмичев В.В. Закономерности динамики древостоев. Новосибирск: Наука, 2013. 207 с.
5. Нагимов З.Я. Закономерности роста и формирования надземной фитомассы сосновых древостоев: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук: 06.03.03. Екатеринбург: УГЛА, 2000. 40 с.
6. Наставление по рубкам ухода за лесом в лесах Восточной Сибири, утверждено Приказом Федеральной службы лесного хозяйства России от 30.03.1994 № 70. М.: Рослесхоз, 1994. 95 с.
7. Онучин А.А., Маркова И.И., Павлов И.Н. Влияние рубок ухода на радиальный прирост стволов и формирование сосновых молодняков // Хвойные boreальной зоны, 2011, № 2–3. С. 258–267.

ОЦЕНКА И МОНИТОРИНГ ПОСЛЕДСТВИЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОЖАРОВ НА КОМПОНЕНТЫ ЭКОСИСТЕМЫ СОСНЯКОВ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Г.А. ИВАНОВА¹, В.А. ИВАНОВ², И.Е. ФРИДРИХ¹

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН (gaivanova@ksc.krasn.ru)

²Сибирский государственный технологический университет, Красноярск (ivanovv53@yandex.ru)

ESTIMATING AND MONITORING EFFECTS OF FIRE ON ECOSYSTEM COMPONENTS OF SCOTS PINE FORESTS OF CENTRAL SIBERIA

G.A. IVANOVA¹, V.A. IVANOV², I.YE. FRIDRICH¹

¹V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (gaivanova@ksc.krasn.ru)

²Siberian State Technological University, Krasnoyarsk (ivanovv53@yandex.ru)

Воздействие лесных пожаров на растительность тесно связано с особенностями лесорастительных условий, определяющих возможность возникновения, распространение и силу огня, а также изменение лесной растительности и водно-теплового режима почв в результате воздействия пожара [3]. В настоящее время существуют различные модели описания отдельных последствий пожаров для североамериканских [6, 7] и для российских лесов [2, 3, 5].

Необходимо разделять последствия, возникающие в процессе горения в результате непосредственного теплового воздействия на компоненты лесных экосистем, и последствия, проявившиеся после пожара через какой-то период. К последствиям пожаров, возникающим во время горения или сразу после него, можно отнести сгорание биомассы, ожоги и гибель растений или животных, нагрев почвы и гибель почвенной флоры и фауны. К последствиям пожаров, возникающим после пожара в течение более длительного периода времени (дни, месяцы, годы), относятся трансформация почвы, почвенной фауны и флоры, отпад деревьев, накопление биомассы, послепожарная сукцессия растительности.

Природные лесные пожары не могут служить базой для оценки и моделирования последствий, так как параметры их неизвестны и их силу можно охарактеризовать лишь по косвенным показателям. Экологические последствия таких пожаров трудно сопоставимы с параметрами огневого воздействия и также классифицируются по косвенным показателям. В связи с этим в рамках международного проекта «FIREBEAR» по исследованию воздействия пожаров на эмиссию углерода и компоненты экосистемы в 2000–2003 гг. была проведена серия крупномасштабных экспериментов по моделированию поведения лесных пожаров в сосняках Красноярского края. Проведение экспериментов по моделированию пожаров разной интенсивности в среднетаежных и южнотаежных сосняках позволило получить параметры поведения пожара и точные данные о глубине прогорания, количестве сгоревших материалов, запасах и структуре живого напочвенного покрова. Кроме того, получены данные о состоянии компонентов экосистемы сосняков до пожаров и сразу после их воздействия. Во всех случаях рассматривались пожары низовые, разной интенсивности, репрезентативные для сосняков Сибири. Был заложен долговременный эксперимент по исследованию воздействия пожаров на компоненты экосистемы и осуществлялся многолетний мониторинг в течение последующих лет.

Мы оценили последствия воздействия пожаров разной интенсивности на экосистему в сосняках во временном аспекте. Анализ данных по последствиям пожаров подразумевал:

- допожарные характеристики (состояние компонентов экосистемы, в том числе структура и фитомасса древостоя и напочвенного покрова);
- параметры пожара, необходимые для оценки его воздействия на компоненты экосистемы (скорость распространения кромки, интенсивность пожара, температура пламени);
- последствия, возникшие непосредственно в процессе горения (термическое воздействие на деревья, количество сгоревшей биомассы, нагрев почвы, глубина прогорания, гибель почвенных животных и микроорганизмов и т. п.);
- последствия, возникшие через какой-то промежуток времени (трансформация физико-экологических свойств почвы, почвенной фауны и флоры, отпад деревьев, накопление биомассы, послепожарная сукцессия).

Последствия, возникающие во время пожара, определяются допожарными условиями, влияющими на состояние горючих материалов, метеоусловиями на момент пожара и развитием процесса горения. Сгорание фитомассы во время пожара – это одно из важных последствий, возникающих во время пожара, поскольку оно определяет ряд других последствий. Так, сгорание подстилки вызывает огневые или тепловые повреждения камбия ствола и корней и является причиной отпада деревьев. Сгорающая биомасса является источником теплоты, образующейся при горении, и вызывает нагревание почвы. Мониторинг воздействия пожаров на свойства почвы, комплексы почвенных беспозвоночных и микробиоценозы в сос-

ных показал, что глубина их трансформации зависит от интенсивности пирогенного воздействия, обуславливая в будущем активность процессов восстановления. Установлено [1, 4], что через восемь лет лишь некоторые показатели достигли уровня контроля.

Послепожарный отпад деревьев в сосняках происходит в первые два-три года, при этом на первый год приходится до 90% всех отпавших деревьев после пожаров высокой интенсивности (более 4000 кВт/м) и до 75 и 70% после средней (от 2001 до 4000 кВт/м) и низкой (менее 2000 кВт/м). В последующие годы величина отпада деревьев значительно снижается. Через пять лет после пожара высокой интенсивности отпад деревьев в среднетаежных сосняках достигал 89,3%, а в южнотаежных сосняках был ниже и составлял 71,1% от числа живых деревьев до пожара. После пожаров средней и низкой интенсивности максимальный отпад деревьев составил в среднетаежных сосняках 19,4% и 12,1%, а в южнотаежных 14,3% и 9,8%, соответственно. То есть послепожарный отпад деревьев в среднетаежных сосняках во всех случаях более значителен, что можно объяснить более суровыми условиями произрастания. Величина послепожарного отпада деревьев в сосняках в зависимости от интенсивности пожара хорошо аппроксимируется уравнением экспоненциальной функции.

Интенсивность пожара определяет не только количество сгоревшей фитомассы, но и процесс послепожарного накопления фитомассы. Пожары высокой интенсивности обуславливают значительное снижение (на 44–62%) фитомассы напочвенного покрова сосняков, тогда как после низкоинтенсивных пожаров оно составило всего 14% от ее количества до пожара. По мере отпада деревьев происходит накопление запасов опада, подстилки, ветвей и валежа. Фитомасса напочвенного покрова после пожаров низкой интенсивности восстанавливается за 2-3 года, а после высокоинтенсивного пожара через 8 лет достигает лишь 66% от ее количества до пожара.

Направленность послепожарного восстановления лесов во многом зависит от начального этапа, который определяется степенью повреждения лесной экосистемы, характером заселения освободившихся территорий, составом и сложением инициальных сообществ. На начальных этапах лесовосстановления более четкими индикаторами как лесорастительных условий, так и сукцессионных рядов являются виды растений нижних ярусов. Однако скорость и темпы сукцессионных процессов на прогоревших участках могут существенно различаться в пределах не только лесных формаций, но и отдельных экотопов.

Разрушение мохово-лишайникового покрова и фактически деградация мхов и лишайников происходит уже в первый год после пожара, и через 12 лет лишайниковый покров еще не восстановился. После высокоинтенсивных пожаров проективное покрытие и фитомасса травяно-кустарничкового яруса за 10-летний период наблюдений также не восстановились до допозарного уровня. При пожарах средней и низкой интенсивности, когда повреждения живого напочвенного покрова незначительны, дальнейшее его восстановление происходит в прежних границах допозарных микроассоциаций с постепенным восстановлением зеленых мхов. Доминантные кустарнички (*Vaccinium vitis-idaea*, *V. myrtillus*) восстанавливают свое проективное покрытие через 6–8 лет после пожара.

После пожаров лесовозобновление происходит без смены пород. Количественную оценку начального этапа постпирогенного лесовосстановительного процесса в среднетаежных сосняках, пройденных пожарами, независимо от их интенсивности можно признать удовлетворительной.

Таким образом, в результате мониторинга воздействия пожаров на компоненты экосистемы сосняков получены экспериментальные данные по изменению биомассы и отпаду деревьев, трансформации живого напочвенного покрова, свойств почв, комплексов почвенных беспозвоночных и микробоценозов. Отклик компонентов экосистемы сосняков на воздействие пожаров определяется в первую очередь интенсивностью пирогенного воздействия. Полученные данные могут быть использованы при оценке экономического и экологического ущерба от пожаров в лесах Сибири.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богородская А.В., Краснощечкова Е.Н., Безкоровайная И.Н., Иванова Г.А. Послепожарная трансформация микробоценозов и комплексов беспозвоночных в почвах сосняков Центральной Сибири // Сиб. экол. журн., 2010, № 6. С. 893–901.
2. Воинов Г.С., Софронов М.А. Прогнозирование отпада в древостоях после низовых пожаров // Современные исследования типологии и пирологии леса: сб. науч. тр. Архангельск: АИЛиЛх., 1976. С. 115–121.
3. Попов Л.В. Южнотаежные леса Сибири. Иркутск: Изд-во Иркутского ун-та, 1982. 330 с.
4. Тарасов П.А., Иванов В.А., Иванова Г.А., Краснощечкова Е.Н. Постпирогенные изменения гидротермических параметров почв среднетаежных сосняков // Почвоведение, 2011, 7. С. 795–803.
5. Фуряев В.В., Киреев Д.М. Изучение послепожарной динамики лесов на ландшафтной основе. Новосибирск: Наука, 1979. 160 с.
6. Keane R.E., Ryan K.C., Finney M.A. Simulating the consequences of fire and climate regimes on a complex landscape in Glacier National Park, Montana. Tall Timbers Proceedings 2, 1998. Pp. 310–324.
7. Reinhard E.D., Keane R.E., Brown J.K. Modeling fire effects // Wildland Fire, 2001, 10 (3–4). Pp. 373–380.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОЛЛЮТАНТОВ НА РОСТ ДЕРЕВЬЕВ В ПРИГОРОДНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ: МОДЕЛИ «ДОЗА-ЭФФЕКТ»

Ю.Д. ИВАНОВА¹, А.В. КОВАЛЕВ², В.Г. СУХОВОЛЬСКИЙ³

¹Институт биофизики СО РАН, Красноярск (lulichkja@rambler.ru)

²Красноярский научный центр СО РАН, Красноярск (sunhi.prime@gmail.com)

³Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (soukhovolsky@yandex.ru)

THE IMPACT OF POLLUTANTS ON THE GROWTH OF TREES IN SUBURBAN STANDS: "DOSE-EFFECT" MODEL

JU.D. IVANOVA¹, A.V. KOVALEV², V.G. SOUKHOVOLSKY³

¹Institute of Biophysics SB RAS, Krasnoyarsk (lulichkja@rambler.ru)

²Krasnoyarsk scientific center SB RAS, Krasnoyarsk (sunhi.prime@gmail.com)

³V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (soukhovolsky@yandex.ru)

Неблагоприятная экологическая ситуация в крупных промышленных центрах России, сложившаяся под воздействием техногенных нагрузок, определяет состояние окружающей среды, специфическое для каждого промышленного центра. Постоянно присутствующий набор поллютантов приводит к изменениям свойств отдельных биотических компонентов, поэтому можно проводить оценку качества среды по реакциям растительных организмов на условия произрастания. Необходимо разрабатывать определенные методики по учету и анализу состояния древесных растений, например, устойчивости (способности к саморегуляции), стабильности, способствующей сопротивляемости растительной экосистемы к различным видам воздействия, динамичности, функциональности и индикаторной способности. Взамен существующей глазомерной оценки зеленых насаждений необходима разработка точных критериев и аналитических методов. Требуется обоснование показателей, позволяющих установить закономерности формирования зеленых насаждений и выполнения ими экологических функций в процессе жизнедеятельности, а также разграничить повреждения и норму в условиях техногенного загрязнения.

Влияние поллютантов на растительность (и, в частности, на древесные растения в городах и пригородной зоне) описываются моделью «доза – эффект», где в качестве показателя дозы используется локальная концентрация поллютантов, а показатели эффекта характеризуют реакцию растений и растительных сообществ. В ситуации, когда единственного мощного стационарного источника загрязнения воздушной среды нет, а источниками поллютантов являются, во-первых, достаточно слабые по мощности, но многочисленные стационарные источники и, во-вторых, перемещающиеся источники выброса загрязняющих веществ – прежде всего, автотранспорт, для оценки распределения поллютантов по территории используют стационарные и передвижные станции в системе наземного мониторинга, с помощью которых измеряется локальная концентрация поллютантов. Однако и стационарные пункты наблюдений, и подвижные системы мониторинга определяют лишь концентрацию различных химических веществ в воздухе и не измеряют воздействие поллютантов на биоту.

Альтернативой развитию сети инструментального мониторинга является использование методов биоиндикации воздействия поллютантов по реакции компонентов биоты – насекомых, травянистых и древесных растений. Однако изменения показателей, используемых в биомониторинге, – физиологических характеристик растений, плотности популяций насекомых, видового состава травянистых растений, показателей состояния листового аппарата, прироста фитомассы древесных растений и т. д., могут происходить не только под влиянием факторов, связанных с воздействием поллютантов. В связи с этим при разработке систем биомониторинга необходимо использовать такие биологические показатели, которые в наибольшей степени отражают реакцию биоты именно на воздействие поллютантов.

В настоящей работе рассмотрена возможность использования для оценки реакции древесных растений в пригородной зоне на хроническое воздействие поллютантов характеристик радиального прироста деревьев. Однако напрямую показатели радиального прироста сильно зависят от возраста деревьев, погодных условий и условий произрастания, и для выделения составляющей радиального прироста, связанной с воздействием на древесные растения поллютантов, рассматривались не ряды радиального прироста, а ряды первых разностей радиального прироста, являвшиеся интегрированными рядами первого порядка [2]. Для временных рядов с этими свойствами можно записать зависимость текущего значения $L(i)$ ряда от эндогенных и экзогенных (погодных) факторов как ARDL (AutoRegressive Distributed Lag)-модель [3]:

$$L(i) = a(0) + \sum_{j=1}^n a(j)L(i-j) + \sum_{k=0}^m b(k)W(i-k),$$

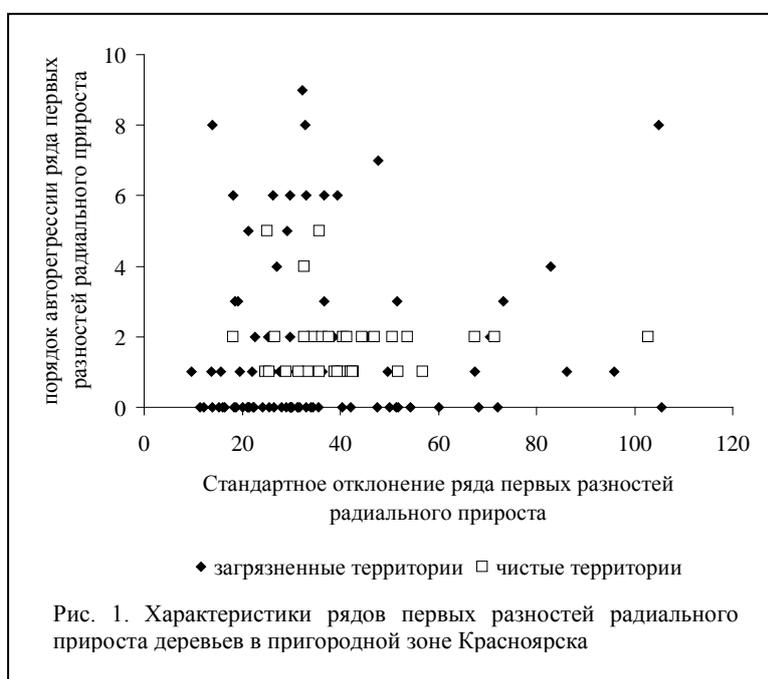
где $L(i-j)$ – известные значения первых разностей радиального прироста дерева; $W(i)$ – функция

восприимчивости ростовых процессов дерева к погодным воздействиям, $a_0, a(i-j), b(i-k)$ – коэффициенты, n, m – порядок авторегрессионных и лаговых компонентов.

Величина стандартного отклонения σ ряда первых разностей, выражающая уровень отклонения от тренда радиального прироста, и параметры ARDL-модели будут характеризовать регуляторные свойства растения, на которые может оказать воздействие существование дерева в среде с хронически повышенной концентрацией поллютантов.

Для определения порядка n авторегрессионной компоненты ряда $L(i)$ вычисляется парциальная авторегрессионная функция [1]. Чем больше значение n , тем больше влияние изменений радиального прироста прошлых лет на изменение текущего радиального прироста. При построении чисто авторегрессионной модели динамики ряда первых разностей радиального прироста величина коэффициента детерминации R^2 для AR-модели характеризует вклад авторегрессионной составляющей в изменение радиального прироста, а величина $(1-R^2)$ – вклад погодных факторов в изменение радиального прироста.

Для анализа влияния поллютантов на регуляторные процессы у сосны обыкновенной, произрастающей в пригородной зоне Красноярска, были выбраны четыре пробных площади, на каждой из которых были взяты керны стволов отдельных деревьев (по 20 деревьев на каждой пробной площади), измерены ширины годичных колец (ШГК) за последние 30 лет, построены ряды первых разностей ШГК и вычислены показатели n и σ .



На рис. 1 в плоскости $\{\sigma, n\}$ приведены характеристики деревьев на пробных площадях, которые были условно разделены на две группы – пробные площади вблизи мощного стационарного источника поллютантов (Красноярского алюминиевого завода) и пробные площади на территории, где концентрация поллютантов была относительно низка. Как следует из рис. 1, характеристики рядов первых разностей ШГК у деревьев, произрастающих в относительно чистой зоне, изменяются в диапазоне значений σ от 20 до 60, а величины n порядка AR-составляющей рядов первых разностей ШГК у подавляющего большинства деревьев равны 1 или 2.

Для деревьев, произрастающих на загрязненной территории,

характерен значительный разброс как значений σ (от 10 до 100), так и значений n (от 0 до 9). При этом у значительной части деревьев порядок n рядов AR-составляющей ARDL-модели был равен 0, то есть колебания ШГК полностью определялись изменением погодных условий, и вклад эндогенных компонентов в регуляцию радиального роста отсутствовал.

Полученные результаты указывают на возможность использования показателей ШГК деревьев для оценки их реакции на хроническое воздействие поллютантов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Вып. 1. М.: Мир, 1974. 406 с.
2. Подкорытова О.А., Соколов М.В. Анализ временных рядов. М.: Юрайт, 2016. 266 с.
3. Stock T.H., Watson M.W. Introduction to Econometrics. N.Y.: Addison-Wesley, 2011. 836 p.

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа поддержана совместным грантом РФФИ и Красноярского краевого фонда науки № 15-45-04034 p_сибирь_a.

ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОСТА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЛЕСНЫХ КУЛЬТУРАХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

А.Н. КАБАНОВ

Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации, г. Щучинск (7058613132@mail.ru)

STUDY OF SCOTS PINE GROWTH IN FOREST CULTURES OF NORTHERN KAZAKHSTAN

A.N. Kabanov

Kazakh scientific research Institute of forest and agricultural afforestation, Shchuchinsk (7058613132@mail.ru)

КазНИИЛХА проводит исследования роста и состояния лесных культур основных лесобразующих пород по регионам Казахстана [1–8]. Выявлены различия по биометрическим показателям искусственных насаждений в зависимости от условий местопроизрастания. Целью данной работы являлось определение интенсивности прироста сосны обыкновенной методами дендрохронологии в лесных культурах, произрастающих в пригородных лесах г. Астаны, и в созданных на месте вырубок и гарей лесных культурах ГНПП «Бурабай» Акмолинской области.

Исследования по дендрохронологическому анализу проводились на трех пробных площадях. Первая пробная площадь (1пп) расположена в 42-летних лесных культурах сосны обыкновенной в лесостепной зоне ГНПП «Бурабай» Акмолинской области. Тип леса – С₃, полнота – 0,8, класс бонитета – III. Вторая пробная площадь (2пп) находится в степной зоне, в пригородных лесах вокруг Астаны в лесных культурах сосны обыкновенной того же возраста. Третья пробная площадь (3пп) представлена 10-летними лесными культурами сосны обыкновенной в зеленом поясе Астаны.

На рис. 1 представлены колебания прироста сосны обыкновенной и влажность воздуха по годам. Видно, что прирост растений различался по природным зонам. Так, в лесостепной зоне максимальный прирост наблюдался в 6-летнем возрасте и продолжался до 8-летнего возраста. В степной зоне деревья достигли максимума в 10-летнем возрасте. Далее прирост плавно снижался и к 17-летнему возрасту на исследуемых пробных площадях практически не различался. Следует отметить, что до достижения 22-летнего возраста культуры в степной зоне имели больший прирост по сравнению с культурами лесостепной зоны. Возможно, на это влияли агротехнические и лесоводственные уходы, которые в пригородной зоне Астаны проводились более тщательно, чем в производственных посадках лесостепной зоны. В 10-летних культурах сосны обыкновенной стабильного изменения прироста не наблюдается. Максимальный прирост зафиксирован в 2013 г. по достижении культурами 8-летнего возраста и составил в среднем 5,3 мм.

Прирост лесных культур в степной зоне во многом зависит от влажности воздуха. Так, при повышении влажности воздуха увеличивается средний прирост сосны обыкновенной. Прирост культур в лесостепной зоне меньше зависит от данного показателя.

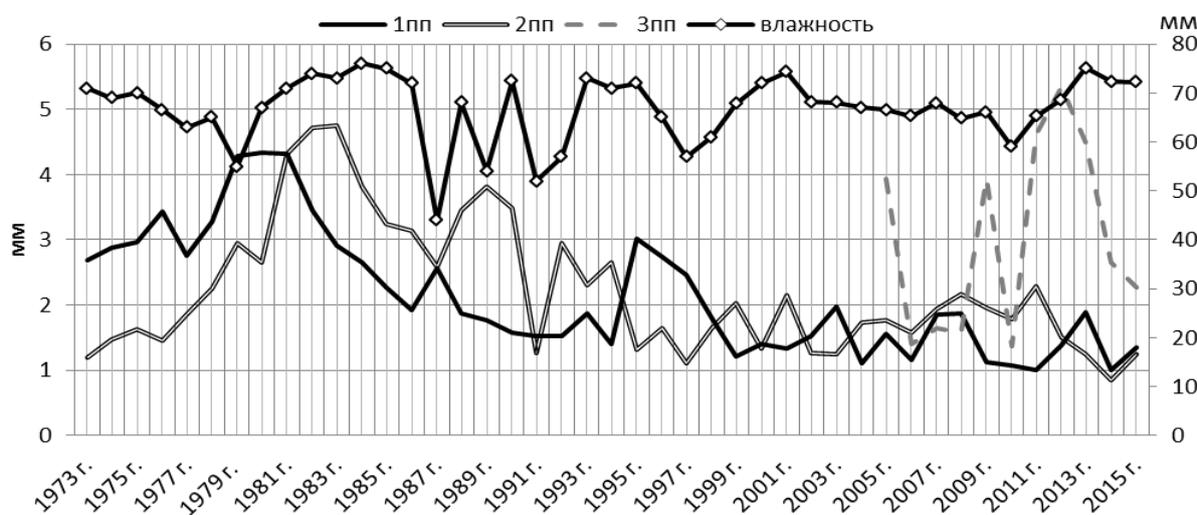


Рис. 1. Показатели прироста сосны обыкновенной и влажности воздуха в степной и лесостепной зонах.

В таблице 1 приведены данные средних приростов лесных культур, произрастающих в разных природных зонах. В лесостепной зоне темпы прироста сосны в начале жизни растений были больше, чем

у сосны из степной зоны. В следующее 10-летие прирост культур из степной зоны незначительно превосходил прирост культур лесостепи. Как уже констатировалось ранее, примерно к 17-летнему возрасту растений средний прирост сосны из разных природных зон практически сравнялся.

Таблица 1. Средний прирост сосны обыкновенной по годам

Природная зона расположения пробной площади	Прирост по годам, среднее			
	1973–1980	1980–1990	1990–2000	2000–2015
Степная	1,83	3,04	1,97	1,62
Лесостепная	3,18	2,77	1,86	1,41

На рис. 2 приведены сведения по приросту сосны обыкновенной и средней температуры июля. В отличие от влажности воздуха, явного влияния температуры июля на изменение прироста не прослеживается.

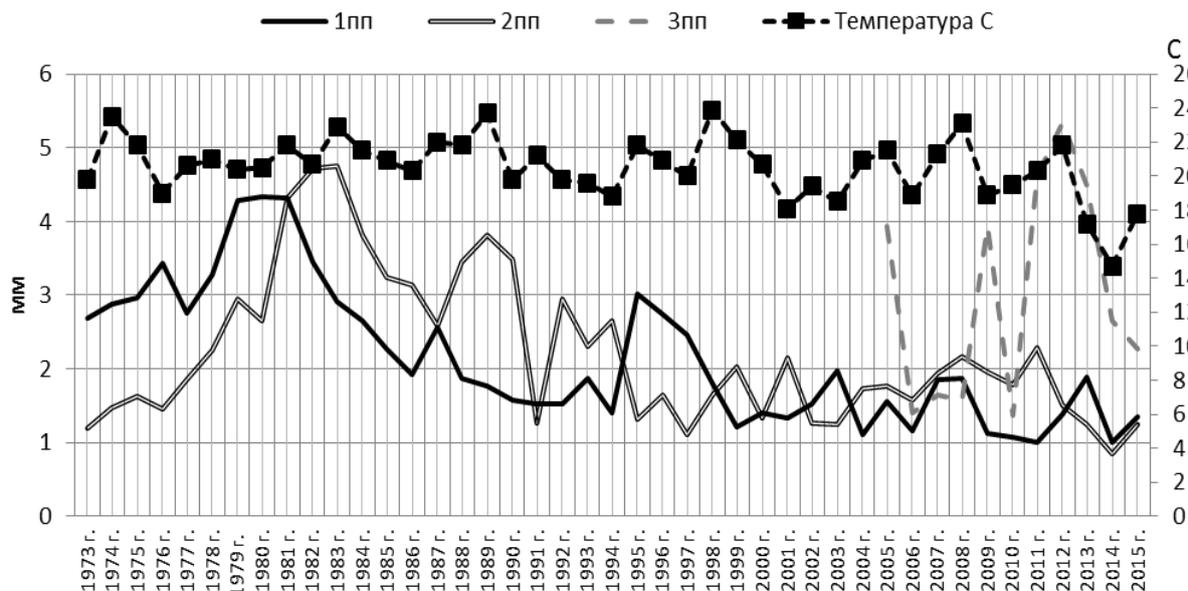


Рис. 2. Показатели прироста сосны обыкновенной и средней температуры воздуха в июле.

Следовательно, темпы прироста сосны обыкновенной в степной и лесостепной зонах ко второму классу возраста практически сравнялись, но следует учесть более быстрый рост культур в степной зоне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данченко А.М., Кабанова С.А. Оценка роста полусибирского потомства сосны кедровой сибирской в открытом грунте и теплице // Хвойные бореальной зоны, 2007, т. XXIV, № 2–3. С. 174–178.
2. Данченко А.М., Кабанова С.А. Особо охраняемые природные территории Республики Казахстан и проблемы сохранения биоразнообразия // Хвойные бореальной зоны, 2007, т. XXIV, № 2–3. С. 179–182.
3. Данченко М.А., Кабанова С.А. Особо охраняемые природные территории Республики Казахстан и проблемы их сохранения // Актуальные проблемы лесного комплекса, 2004, № 9. С. 86–88.
4. Кабанова С.А., Данченко А.М., Мясников А.Г. Влияние эколого-географических условий на биологические свойства семян и сеянцев березы повислой и березы пушистой // Лесное хозяйство и зеленое строительство в Западной Сибири. Матер. VII Междунар. науч. интернет-конф. Томск, 2015. С. 78–87.
5. Кабанова С.А., Данченко М.А., Мироненко О.Н. Проведение изучения роста лесных культур основных лесообразующих пород в ГНПП «Бурабай» и взаимовлияние древесных пород при совместном произрастании // Биологическое разнообразие как основа существования и функционирования естественных и искусственных экосистем. Матер. Всерос. молодежной науч. конф. Воронеж, 2015. С. 199–203.
6. Кабанова С.А. Изучение лесных культур сосны, созданных в процессе реконструкции малоценных насаждений в Государственном национальном природном парке «Бурабай» // Вестник Томского государственного университета, 2011, № 347. С. 162–165.
7. Кабанова С.А., Алека В.П., Данченко М.А., Шишкин А.М., Данчев Б.Ф. Оценка состояния и роста агролесомелиоративных насаждений из березы повислой и лиственницы сибирской в лесостепной зоне северного Казахстана // В мире научных открытий, 2016, № 1 (73). С. 89–107.
8. Мясников А. Г., Данченко А.М., Кабанова С.А. Основы устойчивого лесопользования // Лесное хозяйство и зеленое строительство в Западной Сибири. Матер. VII Междунар. науч. интернет-конф. Томск, 2015. С. 15–20.

RESULTS OF INTENSIVE AND SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT IN FINLAND

T. KARJALAINEN^{1,2}

¹Natural Resources Institute Finland, Viikinkaari 4, FI-00790 Helsinki, Finland

²University of Eastern Finland, School of Forest Sciences, Yliopistokatu 7, FI- 80110 Joensuu, Finland

РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТЕНСИВНОГО И УСТОЙЧИВОГО ВЕДЕНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА В ФИНЛЯНДИИ

Т.КАРЬЯЛАЙНЕН^{1,2}

¹Институт естественных ресурсов Финляндии, Viikinkaari 4, FI-00790 Хельсинки, Финляндия

²Университет Восточной Финляндии, Лесной колледж, Yliopistokatu 7, FI- 80110 Йонсуу, Финляндия

Commercial round wood removals have been in Finland over 2 billion cubic meters since 1970 altogether. At the same time growing stock has increased by about 60%. Increment that has increased, has been greater than removals. Commercial removals have brought wealth in the countryside and raw material to the forest industry. How this has been possible?

Forest owners (private, companies and state) have invested in forest management and silviculture. Better and up to date information about forest resources and their status has helped in planning and decision making. National forest programs have described the challenges and changing operation environment, and commonly set targets, implementation and incentives. Investments have been made in forest roads, forest regeneration, tending of young stands, thinnings, and final fellings. Regeneration has been helped with proper soil preparation. Fertilization of has been applied in areas having nutrition deficiencies. Forest road network is already rather dense and activity is more in improvement of forest roads. Mires have been ditched to improve forest growth. Recently new ditching has changed to ditch network maintenance. Investments have been made mostly by forest owners and share of state subsidies have been minor.

Forests are growing more than ever. The annual increment of the growing stock is more than 100 million cubic meters, which is 4.6 cubic meters per hectare. Forest growth begun to increase sharply in the 1970s, being less than 60 million cubic meters for about 20 years. Main reasons for increased growth have been drainage of mires, improved silviculture and the age structure of the forests. There are currently more young stands at the fastest stage of their growth.

Conservation of forest biodiversity is considered by establishing protected areas, protecting valuable habitats to save threatened species, and taking into account goals of biodiversity in the management of commercial forests. About 9% of the forests area is strictly protected and not available for wood supply. Voluntary actions to maintain biodiversity in non-industrial private forests have been developed in the Forest Biodiversity Program for Southern Finland, in the METSO program since 2002. This program includes voluntary agreements for permanent or temporary protection and various actions to manage the natural environment of forests. Since nearly 90% of the forests are available for wood production, forest biodiversity depends critically how commercial forests are managed. There are nearly 200 000 hectares of habitats of special importance, as defined in the Forest Act. Sixty percent of these are in non-industrial private forests, which are commercial forests, but needs to be managed in a way that preserves the habitat characteristics. Non-industrial private forest owners can get compensation from the state for the costs of maintaining and managing these habitats by drawing up ten-year environmental agreements with them. Mean volume of decayed wood and other dead trees has been stable during the last 3 national forest inventories (5.7-5.9 cubic meters per hectare). State subsidy used for maintaining biodiversity and management of forest between 1997 and 2013 was 96 million Euro and the total subsidized area for maintaining biodiversity has been 57 000 hectares. The quality of water protection activities is monitored and since 1996 has been in non-industrial private forests in the most cases excellent (in 29-66% of the felling areas) or good (30-63%) and passable or poor only exceptionally (0-10% of the felling areas). Also with soil cultivation quality of activities has been mostly excellent or good (31-47% and 39-64%), rarely fair (4-16%) or poor (0-4%).

Since 1970 about 900 million cubic meters of logs have been harvested, over 1100 million cubic meters of pulpwood and over 20 million cubic meters of energy wood, altogether more than 2 billion cubic meters of wood as mentioned already earlier. Area treated with fellings is larger for intermediate fellings (about 70%) than for regeneration fellings (about 30%). Real unit costs of mechanized harvesting in the first thinnings is about 17 Euro per cubic meter, in other thinning about 15 Euro per cubic meter and in regeneration felling less than 10 Euro per cubic meter. Real unit costs of the procurement chain have been about 23 Euro per cubic meter, of which harvesting about 12 Euro, long-distance transportation about 9 Euro and overhead costs about 2 Euro per cubic meter.

Regeneration felling areas have been about 160 000 hectares. The most common way of regeneration has been planting, about 80 000 hectares, natural regeneration and seeding both about 25 000 hectares. Share of

spruce in artificial regeneration is about 55%, pine about 40% and birch about 5%. Financing of silvicultural and forest improvement work in non-industrial private forests is mostly by own input (in 2013 about 150 million Euro), and the state subsidy has been about 30% (in 2013 about 55 million Euro).

Good forest road network is essential for many reasons, to get the wood from the forests to the industry, for the silvicultural and forest improvement works, fire suppression in case of forest fire and multiple-use of forests (recreation, hunting, picking berries and mushrooms). Period from the late sixties until early nineties was the time for forest road building, when annually 2000-5000 kilometers of new roads were built. Currently only few hundred kilometers of new roads are built annually, and basic improvement of forest roads has increased, to more than 3000 kilometers annually during the last ten years.

Operating profit in non-industrial private forestry has been about 100 Euro per hectare during the past decades. Earnings have been about 120 Euro per hectare and state subsidies less than 5 Euro per hectare and total costs about 25 Euro per hectare. Operating profit is lower in northern part of the country than in southern, western and eastern part of the country. Gross stumpage earnings have been about 2 billion Euro, of which share of non-industrial private forests have been about 85%. Cost of silvicultural and forest improvement work has been about 300 million Euro of which share of non-industrial private forests have been about 70%, and the rest in forest industries and the state.

REFERENCES

1. Finnish Statistical Yearbook of Forestry 2014. Finnish Forest Research Institute. www.metla.fi/julkaisut/metsatilastollinen/vsk
2. E-yearbook of food and natural resource statistics for 2015. Natural Resources Institute Finland. http://stat.luke.fi/sites/default/files/e-yearbook-foodandnaturalsource-2015_1.pdf

ОБЗОР МИНИРУЮЩИХ НАСЕКОМЫХ- ВРЕДИТЕЛЕЙ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В АЗИАТСКОЙ РОССИИ

Н.И. КИРИЧЕНКО¹⁻², Е.Н. АКУЛОВ³, М.Г. ПОНОМАРЕНКО⁴⁻⁵

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (nkirichenko@yahoo.com)

²Сибирский федеральный университет, Красноярск

³Всероссийский центр карантина растений, Красноярский филиал, Красноярск (akulich80@ya.ru)

⁴Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Владивосток (margp@ibss.dvo.ru)

⁵Дальневосточный федеральный университет, Владивосток

REVIEW OF LEAF MINING INSECTS – THE WOODY PLANT PESTS IN ASIAN RUSSIA

N.I. KIRICHENKO¹⁻², E.N. AKULOV³, M.G. PONOMARENKO⁴⁻⁵

¹V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (nkirichenko@yahoo.com)

²Siberian Federal University, Krasnoyarsk (petrovae@yahoo.com)

³All-Russian center of plant quarantine, Krasnoyarsk branch, Krasnoyarsk (akulich80@ya.ru)

⁴Institute of Biology and Soil Science FEB RAS, Vladivostok (margp@ibss.dvo.ru)

⁵Far Eastern Federal University, Vladivostok

Минирующие насекомые – экологическая группа членистоногих, чьи личинки выедают полости в тканях растений, оставляя после себя характерные повреждения – мины [23]. Минеры питаются хлорофиллоносной тканью, которая в той или иной степени может быть представлена в разных частях и органах растений: подавляющее большинство видов прокладывают мины в тканях листовых пластинок и хвои, единицы повреждают черешки, жилки листьев, молодые побеги древесных и стебли травянистых растений, плоды, семена [23]. Массовое минирование листьев негативно сказывается на жизнедеятельности растений: уменьшает площадь фотосинтезирующей поверхности, нарушает водный баланс, что приводит к преждевременному опадению листьев, замедлению роста и снижению урожайности растений, повышению их восприимчивости к заболеваниям [29, 30, 35].

Среди минирующих насекомых есть виды, причиняющие ущерб древесным растениям в парках, садах и лесах и сельскохозяйственным культурам (овощным, злаковым, цветочным, плодовым, ягодным и т. д.). Минеров зачастую относят к второстепенным вредителям, тем не менее, некоторые из них могут стремительно наращивать численность. В последние годы ущерб от минирующих насекомых заметно вырос: многие виды, которые в начале прошлого века не оказывали существенного воздействия на растения, в настоящее время стали известны как вредители [26]. Некоторые виды, изначально занимавшие небольшие ареалы, стремительно расселяются в новые регионы, что нередко связывают с быстрыми изменениями экологической обстановки, интенсификацией экономических и транспортных связей между регионами и странами [26].

Минирующие насекомые известны среди чешуекрылых (Lepidoptera), перепончатокрылых (Hymenoptera), жуков (Coleoptera) и мух (Diptera) [23]. По числу видов-вредителей лидируют отряды Lepidoptera и Diptera. Среди первых доминируют виды, повреждающие древесные растения в садах, парках и лесах, среди вторых – виды, вредящие травянистым растениям, особенно сельскохозяйственным культурам [20]. Представители прочих двух отрядов – Hymenoptera и Coleoptera – также способны вредить древесным растениям, однако их единицы.

Lepidoptera. Вредители древесных растений широко известны в семействах молей-пестрянок (Gracillariidae), листоверток (Tortricidae), выемчатокрылых молей (Gelechiidae), чехлоносок (Coleophoridae), молей-крохоток (Lyoniidae), горностаевых молей (Yponomeutidae) и ряда других. Чаще всего это садовые вредители растений семейства розовых (Rosaceae) – семечковых и косточковых деревьев и кустарников. Кармашковая краевая моль-пестрянка *Callisto denticulella*, яблонная минирующая моль *Lyonetia clerkella*, кружковая боярышниковая моль *Leucoptera malifoliella*, плодовая нижнесторонняя моль-пестрянка *Phyllonorycter blancardella*, плодовая верхнесторонняя моль-пестрянка *Phyllonorycter corylifoliella*, листовая вертунья *Recurvaria nanella*, яблонная горностаевая моль *Yponomeuta malinella* вредят яблоням и другим садовым культурам, причиняя ущерб садоводству [1, 17]. К серьезным вредителям относят дальневосточную яблонную моль *Yponomeuta orientalis*, вид, викарный *Y. malinella*, распространенную по югу Восточной Сибири и на российском Дальнем Востоке. Гусеницы *Y. orientalis* в отдельные годы приводят к полной дефолиации дикорастущих и культурных яблонь в Приморском крае и на о-ве Сахалин [5], не только снижая урожайность в последующие годы, но и существенно влияя на жизнеспособность растений. Другой садовый вредитель – облепиховая выемчатокрылая моль *Gelechia hippophaella* – наносит серьезный ущерб облепихе [2, 11]. В Забайкалье после полной дефолиации кусты облепихи не плодоносят, повторная же дефолиация на следующий год приводит к их усыханию и гибели [2].



Рис. 1. Массовое повреждение древесных растений насекомыми в насаждениях Новосибирска: А – тополя бальзамического *Populus balsamifera* тополевой молью-пестрянкой *Phyllonorycter populifoliella* (июнь 2015 г.), Б – бересклета европейского *Euonymus europaea* бересклетовой горностаевой молью *Yponomeuta cagnagella* (июнь 2009 г.), С – лиственницы сибирской *Larix sibirica* лиственничной чехликовой молью *Protocryptis sibiricella* (июнь 2009 г.). Фото: Н.И. Кириченко

нового – *Heterarthrus ochropoda*. Березовые и вязовый пилильщики, распространенные в Евразии, в том числе и в Сибири, являются инвазийными видами в Северной Америке [21, 32], *Heterarthrus ochropoda* – в Турции [19], где они причиняют заметный ущерб местным и интродуцированным видам древесных

В городских посадках лиственным древесным растениям существенно вредят представители Gracillariidae (рис. 1А). В азиатской России тополевая *Phyllonorycter populifoliella*, осиновая *Ph. apparella*, липовая *Ph. issikii*, сиреневая *Gracillaria syringella*, карагановая *Micrurapteryx caraganella* моли в массе минируют тополь *Populus*, осину *Populus tremula*, липу *Tilia*, сирень *Syringa*, карагану *Caragana*, соответственно [6–8, 15, 11, 25]. Гусеницы горностаевых молей – бересклетовой *Yponomeuta cagnagella* и черемуховой *Y. Evonymella* – способны целиком объедать кусты бересклетов *Euonymus* (рис. 1Б) и черемухи *Prunus padus* в городах [3, 15, 16].

Хвойным растениям вредят некоторые виды из семейств Coleophoridae, Yponomeutidae, Gelechiidae. Лиственничная чехлоноска *Protocryptis sibiricella* и минер Фризе забайкальский *Ocnestoma friesei transbaicalensis* известны своими вспышками массового размножения в Сибири в лиственничных и сосновых лесах, соответственно (рис. 1С) [4, 12]. Как потенциального вредителя хвойных следует упомянуть выемчатокрылую моль *Chionodes electella*, гусеницы которой минируют хвою ели *Picea* (Pinaceae), реже можжевельника *Juniperus* (Cupressaceae). Этот вид, ранее известный только в Северной и Центральной Европе, обитает в различных типах хвойных лесов [24]. В последнее время моль *C. electella*, периодически достигающая в Европе статуса вредителя, расширяет ареал на восток, о чем свидетельствуют находки в Еврейской автономной области и на о-ве Хоккайдо в Японии [13, 31].

Некоторые минирующие микрочешуекрылые распространились в другие страны и на другие континенты, где наносят вред тем или иным видам древесных растений. Евроазиатские виды *Phyllonorycter blancardella*, *Gracillaria syringella* и *Exoteleia dodecella* проникли в Северную Америку [18, 27, 28], европейский вид *Yponomeuta malinella* – в Закавказье, Казахстан, Среднюю Азию [1], восточноазиатский вид *Phyllonorycter issikii* – в страны Европы, европейскую часть России и Сибирь [6, 8, 33].

Diptera. Среди минирующих мушек, в частности, представителей семейства Agromyzidae, встречаются преимущественно вредители сельскохозяйственных культур [20, 34], лишь единицы способны наносить заметный ущерб древесным растениям.

Среди последних – малинная минирующая мушка *Agromyza idaeiana*, вредитель малины и черной смородины [34]. В азиатской России значительного вреда древесным растениям от минирующих мух не отмечено.

Hymenoptera. В Сибири и соседних регионах массовый вред вязовым городским насаждениям наносит вязовый минирующий пилильщик – *Fenusa ulmi* [9, 14]. К вредящим видам относят также березовых пилильщиков – *Fenusa pumila*, *Fenusella nana*, *Heterarthrus nemoratus* и *Scolioneura betuleti* и осино-

растений.

Coleoptera. Среди минирующих жуков древесным растениям могут изредка причинять ущерб отдельные виды долгоносиков Curculionidae, в частности, представители родов *Orchestes*, *Isochnus* и *Rhynchaenus*. Некоторые из них при откладке яйца повреждают центральную жилку, нарушая рост листьев. Тополевый слоник-блошка *I. sequensi* и ильмовый слоник-прыгун *Orchestes mutabilis* были отмечены в Иркутской области как массовые вредители тополей и вязов, соответственно [15, 16]. В исключительных случаях повышать численность способны минирующие представители семейств большеногов Megalopodidae (некоторые *Zeugophora*) и златок Vuprestidae (некоторые *Trachys*) [3, 10].

Для борьбы с вредными минирующими насекомыми используют спектр агротехнических, химических и биологических методов, которые постоянно совершенствуются [1, 17]. В садах и парках проводят междурядную обработку почвы осенью для уничтожения куколок, зимующих в подстилке насекомых, прореживают кроны деревьев. При высокой численности горностаевых молей рекомендуют в осенне-зимний период собирать и сжигать зимние гнезда насекомых. Для контроля вредителей прибегают и к использованию инсектицидов, различающихся по своему химическому составу и действию. Перспективным подходом к контролю популяций вредителей, в частности, садовых, является применение синтетических аттрактантов – аналогов половых феромонов самок насекомых. С их помощью производят дезориентацию самцов или их массовый вылов в популяции. В качестве средств биологической борьбы сегодня также активно применяют различные биопрепараты, включая бактериальные, грибные и вирусные, используют различных биологических агентов – хищников и паразитоидов, способствующих контролю популяции вредителей.

Оперативное и точное установление видовой принадлежности насекомых – важная задача, от решения которой зависит эффективность мер по защите растений. На помощь классическим морфологическим методам определения сегодня приходят современные молекулярно-генетические подходы, в частности, ДНК-баркодирование [22]. Последний позволяет быстро и надежно определить вид насекомого даже по его преимагинальным стадиям (яйцу, личинке, куколке), которых чаще всего находят при обследовании растений и по которым точно определить вид морфологическим способом проблематично или невозможно. Нами ведется работа по созданию генетической библиотеки для идентификации молей семейства Gracillariidae, повреждающих древесные растения в Сибири. Эти исследования позволят расширить представление о таксономическом разнообразии, распространении и трофических связях грациллиариид в этой малоизученной части азиатской России, а также откроют новые возможности для изучения их филогенетики, филогеографии и реконструкции путей инвазий отдельных видов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения* / Афонин А.Н.; Грин С.Л.; Дзюбенко Н.И.; Фролов А.Н. (ред.). 2016. [Интернет-версия 2.0]. URL: <http://www.agroatlas.ru>.
2. *Амшеев Р.М.* Насекомые и позвоночные зарослей облепихи Бурятии. Новосибирск: Наука, 1982. 117 с.
3. *Баранник А.П.* Насекомые зеленых насаждений промышленных городов Кемеровской области. Кемерово: Кемеровский государственный университет, 1981. 190 с.
4. *Баранчиков Ю.Н.* Точечное освоение кормового ресурса гусеницами листовенничной чехлоноски: следствие антибиоза дерева или поведенческая преадаптация? // Растительная жизнь в биогеоценозах суши: Материалы Всесоюзного совещания, Валдай, 3–6 июня 1984. Москва: Наука, 1986. С. 45–48.
5. *Дубинина В.А., Пономаренко М.Г.* Первостепенные чешуекрылые – вредители сельскохозяйственных и плодовых культур в агроценозах острова Сахалин // Чтения памяти Алексея Ивановича Куренцова. Владивосток: Дальнаука. 2010. Вып. 21. С. 109–120.
6. *Ермолаев И.В., Зорин Д.А.* Экологические последствия инвазии *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera, Gracillariidae) в липовых лесах Удмуртии // Зоол. журн., 2011, 90(6). С. 717–723.
7. *Ефремова З.А., Мищенко А.В., Егоренкова Е.Н., Страхова И.С., Ленгесова Н.А.* Комплексы наездников семейства Eulophidae (Hymenoptera), паразитирующих на *Phyllonorycter apparella* и *Phyllonorycter populifoliella* (Lepidoptera, Gracillariidae) – вредителей осины и тополя в Ульяновской области // Зоол. журн., 2011, 90(4). С. 438–444.
8. *Кириченко Н.И.* Липовая моль-пестрянка *Phyllonorycter issikii* в Западной Сибири: некоторые экологические характеристики популяции недавнего инвайдера // Сиб. экол. журн., 2013, 6. С. 813–822.
9. *Кириченко Н.И., Баскарева О.В.* О двух минерах вязов в сибирских городах // Экологические и экономические последствия инвазий дендрофильных насекомых: Всерос. конф. с междунар. участием. Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 25–27 сентября 2012 г. С. 151–155.
10. *Максимова Ю.П., Бойчук Ю.Д.* Эколога-фаунистический обзор насекомых-минеров в зеленых насаждениях г. Харьков и его окрестностей // Матер. междунар. конф., посвященной 80-летию со дня рождения проф. А.П. Крапивного. Харьков, 4–5 декабря 2009 г. С. 58–61.
11. *Насекомые и клещи – вредители сельскохозяйственных культур* / под общ. ред. В. И. Кузнецова. Т. 3. Чешуекрылые. С-Пб.: Наука, 1999. 410 с.
12. *Позмогова З.Н.* Минер Фризе – массовый вредитель сосны в Забайкалье / Проблемы защиты таежных лесов. СО АН СССР, Красноярск, 1971. С. 111–113.
13. *Пономаренко М.Г.* Семейство Gelechiidae – выемчатокрылые моли / Стрельцов А.Н. (ред.). Животный мир заповедника «Бастак». Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2012. С. 77–80.

14. Санина И.В., Пальникова Е.Н. Некоторые особенности развития вязового минирующего пилильщика (*Fenusa ulmi* Sund.) в г. Красноярске // Вестник Красноярского государственного университета. Естественные науки. Красноярск: КрасГУ, 2006, 5. С. 64–68.
15. Томилова В.Н. Минирующие насекомые Восточной Сибири / Фауна и экология насекомых Восточной Сибири и Дальнего Востока. Иркутск, 1973. С. 3–31.
16. Томилова В.Н. Насекомые фитофаги лесопитомников Иркутской области и БАССР / Фауна и экология насекомых Восточной Сибири и Дальнего Востока. Иркутск, 1977. С. 38–57.
17. Черкезова С.Р. Стратегия эффективной инсектицидной защиты сада от чешуекрылых вредителей // Защита и карантин растений, 2013, 5. С. 13–17.
18. Adamski D., Landry J.-F., Passoa S., Tracy R.A. History, distribution, and identification of *Exoteleia dodecella* (L.) (Lepidoptera: Gelechiidae) in North America, with insights into the systematics of *Exoteleia* Wallengren using characters of the adult, immatures, bionomics, and DNA barcodes // Proc. Entomol. Soc. Washington, 2010, 112: 183–206.
19. Calmasur Ö., Özbek H. *Heterarthrus ochropoda* (Klug) (Hymenoptera: Tenthredinidae), a new record and new pest of *Populus* spp. (Salicaceae) in Turkey // Proc. Entomol. Soc. Washington, 2004, 106: 717–721.
20. Connor E.F., Taverner M.P. The evolution and adaptive significance of the leaf-mining habit. The evolution and adaptive significance of the leaf-mining habit // Oikos, 1997, 79: 6–25.
21. Digweed S.C., MacQuarrie C.J.K., Langor D.W., Williams D.J.M., Spence, J.R., Nystrom K.L., Morneau L. Current status of invasive alien birch-leafmining sawflies (Hymenoptera: Tenthredinidae) in Canada, with keys to species // Canad. Entomol., 2009, 141(3). P. 201–235.
22. Hebert P.D.N., Cywinska A., Ball S.L., de Waard J.R. Biological identifications through DNA barcodes // Proc. Royal Soc. London, 2003.
23. Hering M. E. Biology of the leaf miners / Junk's – Gravenhage, 1951. 490 p.
24. Huemer P., Karsholt O. Gelechiidae I (Gelechiinae: Teleiodini, Gelechiini) / Huemer P., Karsholt O., Lyneborg L. (eds) Microlepidoptera of Europe. Stenstrup: Apollo Books, 1999. Vol. 3. 354 p.
25. Kirichenko N., Triberti P., Mutanen M., Magnoux E., Landry J.-F., Lopez-Vaamonde C. Systematics and biology of some species of *Micrurapteryx* Spuler (Lepidoptera, Gracillariidae) from the Holarctic Region, with re-description of *M. caraganella* (Hering) from Siberia // ZooKeys, 2016, 579. P. 99–156.
26. Lopez-Vaamonde C. et al. Lepidoptera / BioRisk Biodiversity and Ecosystem Risk Assessment, 2010, 4(2). P. 603–668.
27. Maier C.T. Exotic Lepidopteran leafminers in North American apple orchards: rise to prominence, management, and future threats // Biol. Invasions, 2001, 3 (3): 283–293.
28. Pohl G.R., Cannings R.A., Landry J.-F., Holden D.G., Scudder G.G.E. Checklist of the Lepidoptera of British Columbia, Canada. Entomological Society of British Columbia, 2015, 3. 308 p.
29. Proctor J.T.A., Bodnar J.M., Blackburn W.J., Watson R.L. Analysis of the effects of the spotted tentiform leaf miner (*Phyllonorycter blancardella*) on the photosynthetic characteristics of apple leaves // Can. J. Bot., 1982, 60: 2734–2740.
30. Raimondo F., Ghirardelli L.A., Nardini A., Salleo S. Impact of the leaf miner *Cameraria ohridella* on photosynthesis, water relations and hydraulics of *Aesculus hippocastanum* leaves // Trees, 2003, 17: 376–382.
31. Sakamaki Y. Gelechiidae / Hirowatari T., Nasu Y., Sakamaki Y., Kishida Y. (eds). The Standart of Moths in Japan III Gakken Education Publishing, 2013. Pp. 45–50, 262–316.
32. Scannell C.M. The biology and seasonal life history of the elm leafminer, *Fenusa ulmi* (Sundevall), in the Pacific Northwest (Hymenoptera: Tenthredinidae). Master's Thesis, University of Washington, 2000.
33. Šefrova H. Acta *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) – bionomics, ecological impact and spread in Europe (Lepidoptera, Gracillariidae) //Universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis / Sbornik Mendelovy zemědělské a lesnické university v Brně, 2002, 3: 99–104.
34. Spencer A.K. The Agromyzidae of Fennoscandia and Denmark. Denmark: Klempenborg, Scand. Sc. Press Ltd, 1976, 5 (1, 2). 606 p.
35. Wagner D., DeFoliart L., Doak P., Schneiderheinze J. Impact of epidermal leaf mining by the aspen leaf miner (*Phyllocnistis populiella*) on the growth, physiology, and leaf longevity of quaking aspen // Oecologia, 2008, 157 (2): 259–267.

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа поддержана проектом РФФИ (№ 15-29-02645_офи_м). Авторы благодарят Ю.Н. Баранчикова за полезные комментарии.

МОДЕЛИ ФЕРОМОННОГО ПОИСКА И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФЕРОМОННЫХ ЛОВУШЕК

А.В. КОВАЛЕВ, П.Е. ЦИКАЛОВА

Красноярский научный центр СО РАН, Красноярск (sunhi.prime@gmail.com)

PHEROMONE SEARCH MODELS AND PHEROMONE TRAPS EFFICIENCY EVALUATION

A.V. KOVALEV, P.E. TSIKALOVA

Krasnoyarsk scientific center SB RAS, Krasnoyarsk (sunhi.prime@gmail.com)

Такие виды чешуекрылых насекомых, как непарный шелкопряд или сосновая пяденица, являются важным фактором повреждения хвойных лесов бореальной зоны. Одним из способов регулирования численности этих видов является воздействие на их феромонную коммуникацию.

Система феромонной коммуникации включает источник феромонов (самку), канал, по которому передается информация (воздушные потоки), и приемник информации – самца. Предполагается, что для поиска источника феромонов самец использует положительный анемотаксис (перемещается в так называемой феромонной струе навстречу движению воздушных потоков) [3]. Однако на типичных скоростях воздушных потоков в естественных условиях (от 1 до 5 м/сек) феромонные струи характеризуются сложной пространственной структурой, зависящей от уровня турбулентности воздушных потоков [4]. В таких условиях стратегия поиска источника с использованием простого алгоритма анемотаксиса может оказаться неэффективной. Однако из натурных наблюдений хорошо известно, что у насекомых вероятность нахождения самки достаточно велика [5]. В связи с этим возникает вопрос о выявлении у них стратегий поиска, более сложных по сравнению со стратегией анемотаксиса, но позволяющих обнаружить неподвижный источник запаха в условиях турбулентной среды.

К сожалению, возможности экспериментов по изучению поисковой активности насекомых по техническим причинам ограничены. В качестве альтернативы проведению натурных экспериментов в настоящей работе в целях исследования возможных механизмов навигации насекомых при обонятельном поиске рассмотрены варианты агент-ориентированной имитационной модели поискового поведения особи. Рассматривается простейший случай поиска, когда феромон имеет только один источник. Предложены однокомпонентный и многокомпонентный вариант феромона насекомого. Показано, что наличие нескольких компонентов феромона может нести дополнительную информацию о расстоянии до источника и улучшать алгоритм поиска [2]. Предполагается, что насекомые с помощью рецепторов способны регистрировать молекулы феромона, а сенсорные клетки при попадании феромона на рецепторную поверхность в течение некоторого времени генерируют потенциалы действия, после чего молекула феромона инактивируется. Такое поведение можно рассматривать как некоторую память особи. Также в модели предполагается, что насекомое имеет способность к анемотаксической ориентации – поиску химического источника при движении против ветра. В качестве интегрального показателя эффективности поиска в имитационном эксперименте выбрана такая характеристика, как доля особей, достигших источника. Для оценки эффективности локализации источника с помощью внедренных в имитационную модель механизмов ориентации были выполнены вычислительные эксперименты по поиску источника при различных алгоритмах поиска.

Пространство моделирования представляет собой 2-мерное поле с одним источником молекул феромона. Новые точечные объекты – молекулы – появляются в источнике на каждом шаге модели. Далее молекулы феромона подвергаются диффузному рассеиванию и сносу по ветру. Дальность распространения молекул определяется временем их распада. Кроме этого, в моделях предусмотрены турбулентное перемешивание молекул, что позволяет создавать струи феромонов аналогично наблюдаемым в природе.

Самец перемещается по двумерному пространству, используя три базовых стратегии поиска самки: случайное блуждание (при отсутствии пойманных молекул феромона), анемотаксис с блужданием, возврат на прежний курс при выходе из потока. В каждый момент времени насекомое ловит некоторое количество молекул феромона. Информация о новых пойманных молекулах и память о молекулах, активированных на предыдущих шагах модели, позволяет определить параметры дальнейшего движения: изменение курса относительно ветра, увеличение или уменьшение угла случайного блуждания, изменение скорости полета.

Базовые стратегии поиска следующие:

– случайное блуждание. Насекомое летит против ветра с большим углом возможного случайного поворота (± 90 градусов). Использование данного физиологически простого алгоритма эффективно при массовом лете насекомых. Кроме того, такая стратегия позволяет «перезапустить» поиск при потере струи феромона;

– анемотаксис с блужданием. При полете против ветра угол случайного блуждания тем меньше, чем больше молекул феромона ловит насекомое. При приближении к источнику феромона концентрация молекул в потоке увеличивается, полет самца становится все более детерминированным;

– возврат на прежний курс при выходе из потока. Наличие памяти позволяет сравнивать текущую и предыдущие концентрации феромона в потоке. При ослаблении концентрации ниже пороговой особь разворачивается таким образом, чтобы вернуться в поток с высокой концентрацией.

В численных экспериментах оценивалась эффективность поиска для разных стратегий и разной интенсивности ослабления рецепторов феромонов. Базовая гипотеза предполагает, что более сложные механизмы поиска энергетически невыгодны, если можно обеспечить достаточную эффективность и выживаемость простыми средствами. В каждом отдельном эксперименте при фиксированных параметрах среды «участвовало» по 50 особей. Для каждого эксперимента вычислялись средние значения эффективности поиска как доля особей, за заданное время эксперимента достигших источника феромонов, и продолжительность поиска у успешных особей.

При разной интенсивности перемешивания феромонного потока эффективность поиска составляла от 50 до 80%. Для высокой эффективности поиска в сложном воздушном потоке потребовались дополнительные физиологические ресурсы в виде увеличения памяти рецепторов феромона и алгоритм поиска, использующий все базовые стратегии.

Эффективность локализации источника насекомыми при лете по турбулентным струям равна ~70%, что соответствует экспериментам с живыми особями по литературным данным. В естественных условиях 100%-я эффективность феромонного поиска у насекомых не требуется и, скорее всего, приводит к катастрофическим увеличениям численности популяции [1]. В целом эволюционная или адаптивная изменчивость глубины памяти рецепторов феромона позволяет оптимизировать энергетические затраты особи на поиск исходя из условий среды обитания.

Были проведены эксперименты с двумя компонентами феромона. Миноритарный компонент использовался как триггер перехода от стратегии случайного блуждания к анемотаксису. Поиск осуществлялся с помощью мажоритарного компонента. При увеличении отношения между компонентами наблюдалось снижение доли успешных особей, но уменьшалось время полета. Таким образом, миноритарный компонент может быть лимитом на дальность полета. Насекомое может оптимизировать свою стратегию: лететь к дальнему источнику или поискать более близкий.

В имитационном эксперименте была получена немонотонная зависимость уловистости феромонных ловушек от плотности популяции насекомого, что согласуется с полевыми данными и требует корректировки данных, получаемых этим методом учета.

Предложен простой алгоритм, описывающий поиск самцами лесных насекомых неподвижных самок, и создана компьютерная программа, с помощью которой проведены имитационные эксперименты по поиску самцами источника феромона. Показано, что в различных версиях алгоритма эффективность поиска доходит до 70–80%. Можно говорить о том, что достаточно простой с нейрофизиологической точки зрения алгоритм позволяет эффективно находить неподвижный источник феромонов в условиях переноса сигнальных молекул турбулентным воздушным потоком. И хотя сходство результатов модели и реального поведения имаго чешуекрылых лесных насекомых не гарантирует идентичности физиологических механизмов принятия решений в ходе поиска самцом самки, проведенные модельные расчеты могут служить отправной точкой при планировании натурных наблюдений за таким поиском и создании систем контроля численности вредных насекомых с помощью феромонных ловушек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исаев А.С., Хлебопрос Р.Г., Кондаков Ю.П., Недорезов Л.В., Киселев В.В., Суховольский В.Г. Популяционная динамика лесных насекомых. М.: Наука, 2001. 374 с.
2. Ковалев А.В., Волкова П.Е. Моделирование системы феромонной коммуникации у лесных чешуекрылых насекомых. Модель поиска самки самцом // Сибирский лесной журнал, 2015, № 3. С. 95–104.
3. Justus K.A., Carde R.T. Flight behavior of males of two moths, *Cadra cautella* and *Pectinophora gossypiella*, in homogeneous cloud of pheromone // *Physiol. Entomol.*, 2002, N. 27: 67–75.
4. Murlis J., Willis M.A., Carde R.T. Spatial and temporal structures of pheromone plumes in fields and forests // *Physiol. Entomol.*, 2000. N. 25: 211–222.
5. Qian L., Cowen E.A. The information content of a scalar plume – a plume tracing perspective // *Environ. Fluid Mechanics*, 2002, N. 2: 9–34.

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа поддержана РФФИ (грант № 16-04-00132).

ВОССТАНОВЛЕНИЕ КЕДРОВЫХ ЛЕСОВ МЕТОДОМ СОЗДАНИЯ РЕКОНСТРУКТИВНО-СЕМЕННЫХ КУЛЬТУР КЕДРА МЕЛКОКОНТУРНЫМИ УЧАСТКАМИ (БИОГРУППАМИ)

А.П. КОВАЛЕВ, М.А. ШЕШУКОВ, В.В. ПОЗДНЯКОВА

Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Хабаровск (dvniilh@gmail.com)

RESTORATION OF THE SIBERIAN PINE STANDS BY CREATION OF RECONSTRUCTIVE AND SEED PINE CULTURES IN BIOGROUPS

A.P. KOVALEV, M.A. SHESHUKOV, V.V. POZDNYAKOVA

Far East Forestry Research Institute (FEFRI), Khabarovsk (dvniilh@gmail.com)

В решении Томской конференции (сентябрь 2014 г.), посвященной проблемам и перспективам комплексного рационального использования, охраны, защиты и восстановления кедровых лесов Сибири и Дальнего Востока, изложены причины, определяющие необходимость изменения правил заготовки, охраны и восстановления таких лесов с учетом лесоводственно-экономической специфики регионов [2].

На Дальнем Востоке большие объемы промышленных лесозаготовок в 50-80-е гг. привели к значительному истощению лесных ресурсов, особенно уникальных по своей комплексной продуктивности и ценности дальневосточных кедровников. Так, и в Приморье, и в южной части Хабаровского края значительные территории, исчисляемые сотнями тысяч гектаров, ранее занятые высокопродуктивными кедровниками, в результате интенсивных промышленных рубок и периодически повторяющихся последующих пожаров в настоящее время превратились в гари, редины и производные малоценные березняки и осинники, а также древесно-кустарниковые заросли. На многих из этих площадей семенники кедрового вообще отсутствуют, а стены леса с его участием находятся на таком большом расстоянии, что без активного вмешательства человека восстановление кедровников на этих площадях естественным путем невозможно или растянется на столетия. Поэтому восстановление утраченных позиций кедрового в коренном ареале его местопроизрастания – одна из наиболее важных и актуальных задач, стоящих перед лесным хозяйством и нашим обществом [3].

Сейчас эту задачу пытаются решить в основном созданием реконструктивных культур кедрового по производным малоценным листовым насаждениям, что сопряжено с большими затратами средств на прокладку бульдозером технологических коридоров, подготовку почвы, посадку, уход за саженцами и т. д.

Данный метод отличается не только большой трудоемкостью, но и рядом существенных негативных лесоводственно-экологических и пирологических последствий. В частности, вследствие сильного нарушения естественной лесной среды, особенно при создании бульдозерами коридоров шириной 4–5 м, происходит быстрое их зарастание травостоем и кустарниками, что сильно снижает приживаемость культур и последующий их рост и развитие, а также резко повышает пожарную опасность лесных участков, что часто приводит к уничтожению создаваемых культур пожарами. Все это делает неприемлемыми такие методы создания культур и предопределяет отказ от них.

Также в последние годы все чаще ставится вопрос о необходимости внедрения в лесокультурное производство интенсивных технологий с переводом их на широкую промышленную основу. Считается, что создание плантационных культур в виде крупных компактных массивов (площадью 5–10 га и более) позволит намного эффективнее использовать систему лесохозяйственных машин и орудий и, соответственно, повысит агротехнику их выращивания.

Однако многолетний производственный опыт однозначно свидетельствует о том, что для условий Дальнего Востока и такой путь развития лесокультурного дела по восстановлению кедровых лесов на данном этапе зачастую неприемлем вследствие гибели лесных культур при лесных пожарах и сильного нарушения лесной экологической среды, а также высокой себестоимости плантационных культур.

Следует отметить, что в лесопожарном отношении для всех типов лесных культур в рассматриваемом регионе характерно обилие чрезвычайно огнеопасных горючих материалов – быстро высыхающего, легко воспламеняющегося травяного опада (ветоши) и высококалорийного древесно-кустарникового (листвы). В сочетании с периодически повторяющимися засушливыми сезонами это приводит к тому, что не менее 1/2 культур, как правило, гибнет от лесных пожаров в течение первых двух-трех десятилетий.

Для успешного восстановления кедровников необходимо, прежде всего, максимально использовать естественные силы природы. Кардинальное значение здесь имеет выбор наиболее оптимальных способов их восстановления, которые должны удовлетворять следующим основополагающим требованиям: обеспечивать надежное восстановление кедрового на больших площадях при минимальных затратах (трудовых, материальных и финансовых) и нарушениях естественной лесной среды [1].

Применительно к биоэкологическим естественным процессам развития дальневосточных кедров-

ников наиболее эффективный путь их восстановления состоит в создании крупномерным посадочным материалом (4–5-летними саженцами) реконструктивно-семенных культур кедр мелкоконтурными участками (био группами) на гарях, вырубках, пустырях, редианах и на локальных безлесных участках (прогалинах) в производных березово-осиновых насаждениях, а также вдоль лесовозных и лесохозяйственных дорог. Оптимальный размер семенных кедровых куртин-био групп – 0,02–0,04 га (15 × 15 м или 20 × 20 м). В каждой из них рекомендуется высаживать 15–20 крупномерных саженцев с закрытой корневой системой. Био группы рационально размещать в шахматном порядке по квартальным просекам (визирам) вдоль лесовозных и лесохозяйственных дорог. В зависимости от наличия и пространственного размещения локальных безлесных прогалин расстояние между ними может быть 0,2–2 км, что позволит в последующем обеспечить надежное естественное обсеменение прилегающих площадей. Для снижения пожарной опасности куртины-био группы очищаются от захламленности, вырубается кустарники.

Кедровка, являясь основным биотическим фактором в распространении семян кедр корейского, сибирского и кедрового стланика, способна переносить орехи на расстояние 3–5 км. Равномерно откладывая их в подстилку (предпочитая подстилку в сомкнутых мертвопокровных листовничниках) в разных местах, она тем самым способствует активному восстановлению кедровых лесов.

Созданные описанным способом на обширных территориях искусственные семенные куртины кедр через три-четыре десятилетия начнут активно обсеменять прилегающие к ним участки и будут служить долговременным (в течение 400–500 лет) и надежным естественным ядром восстановления кедровых лесов.

В целях производственной апробации восстановления кедровых лесов предложенным способом в Мухенском лесничестве вокруг Пучинского месторождения минеральных вод (в радиусе 2–3 км) на площади около 2 тыс. га в 1991 г. ДальНИИЛХом были созданы реконструктивные семенные культуры кедр мелкоконтурными участками (био группами) на локальных безлесных прогалинах в производных березово-осиновых насаждениях, сформировавшихся на гари после интенсивного пожара, возникшего осенью 1976 г. Кроме того, в Лесопарковом лесничестве Хехцирского лесничества в 1989 г. крупномерными саженцами было создано 15 куртин – био групп кедр в разреженных участках (прогалинах) в березово-осиновых насаждениях.

Приживаемость саженцев в био группах – свыше 95%, они успешно противостояли заглушению травянистой растительностью и не требовали последующего агротехнического ухода. Для ускорения роста и развития саженцев на 2–3-й год производили рубку поросли осины, березы и кустарников в био группах. Для снижения пожарной опасности участки очищали от захламленности.

Оптимальным транспортным средством при создании куртин-био групп могут быть квадроциклы (мотовездеходы), оборудованные для перевозки саженцев, минеральных и органических удобрений, воды и ручных инструментов. Использование квадроциклов при создании лесных культур будет способствовать качеству выполняемых работ и повышению производительности труда.

Бригада в составе трех человек за один сезон (посадку саженцами с закрытой корневой системой можно производить в течение весны, лета и осени) может создавать куртины – био группы кедр на площади более 10 тыс. га. По предварительным расчетам, себестоимость восстановления кедровых лесов изложенным методом дешевле на несколько порядков по сравнению с плантационными культурами.

Очевидными достоинствами восстановления кедровых лесов предложенным способом содействия естественному возобновлению путем создания реконструктивно-семенных культур мелко-контурными участками (био группами) являются: 1) максимальное использование высокой способности естественных сил природы к самовосстановлению лесных экосистем; 2) обеспечение восстановления кедровых лесов на больших площадях при минимальных затратах; 3) минимальное нарушение естественной лесной среды и более низкая вероятность гибели куртин-био групп от лесных пожаров и энтомофагов по сравнению с плантационными культурами.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Как вырастить лес: методическое пособие*. Изд.4-е, перераб. и доп. М.: Гринпис России, Сибирский экологический центр, Всемирная лесная вахта, 2006. 48 с.
2. *Разборова В.* Создание промышленных подрайонов позволит прийти к интенсивному лесовосстановлению. Технодрев, декабрь (82), 2014. 43–46 с.
3. *Шешуков А.М. и др.* О восстановлении кедровников путем создания пожароустойчивых долговременных семенных био групп // Лесное хозяйство, 1991, № 1. 35–36 с.

ДИНАМИКА ТРАВЯНО-КУСТАРНИЧКОВОГО ЯРУСА В СОСНОВЫХ МОЛОДНЯКАХ НА ЗАЛЕЖНЫХ ПОЧВАХ

Н.М. КОВАЛЕВА, Р.С. СОБАЧКИН

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (nk-75@mail.ru)

GROUND LAYER DYNAMICS IN YOUNG PINE STAND ON OLD FIELD SOILS

N.M. KOVALEVA, R.S. SOBACHKIN

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (nk-75@mail.ru)

В статье приведены результаты 6-летней динамики травяно-кустарничкового яруса в сосновых молодняках, сформированных на 9–14 летних залежных землях Красноярской лесостепи. Молодняки пройдены рубками ухода с выборкой деревьев по числу стволов – 93, 77 и 57%. Снижение густоты сосновых ценозов привело к увеличению количества видов и проективного покрытия травянистого яруса.

Интегральным показателем демутиационных процессов на залежных землях является растительность нижних ярусов – ее видовой состав, ценоотические группы, количественное и качественное соотношение видов, видовая насыщенность, изменение фитомассы [7, 4]. Исследования, посвященные залежам в лесостепной зоне Красноярского края, немногочисленны [5, 8, 6, 3, 1]. Цель исследований – выявление особенностей демутиационной динамики травяно-кустарничкового яруса в ходе зарастания залежных земель, а также в связи с изменениями в структуре древесного фитоценоза под влиянием рубок ухода разной интенсивности.

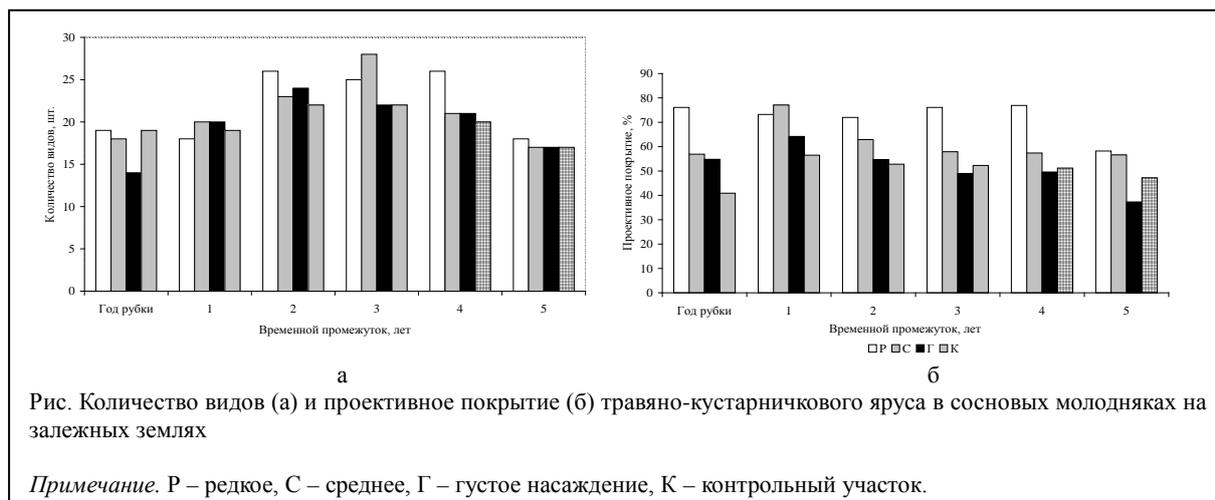
Исследования проведены на территории Емельяновского района Красноярского края (56° 23' с. ш., 92° 58' в. д.). Сосновые молодняки сформировались на серых постагrogenных почвах, которые длительное время (до 2001 г.) находились в сельскохозяйственном обороте под зерновыми культурами. В начале вегетационного сезона 2010 г. с целью повышения продуктивности древостоев сосновые молодняки были пройдены рубками ухода разной интенсивности с выборкой деревьев по числу стволов 93 (редкая), 77 (средняя) и 57% (густая секция). После проведения рубок ухода густота сосновых ценозов составила 2,9, 9,4 и 17,5 тыс. шт./га, соответственно. На контрольном участке (без рубок ухода) густота насаждения достигла 40,7 тыс. шт./га [2].

В напочвенном покрове на залежных почвах выявлено 54 вида травяно-кустарничкового яруса, принадлежащих к 20 семействам и 45 родам. Группа мезофитов на залежных землях занимала доминирующее положение (76%). Из жизненных форм преобладали многолетние травянистые растения (94%). Наиболее широко были представлены короткокорневищные (33%), длиннокорневищные (30%) и стержнекорневые (26%) виды.

Характерной особенностью 9–14-летней залежи являлось преобладание разнотравья (69%). Доля злаков составляла 13%, на семейство бобовых приходилось 19%. В течение исследуемого периода видовой состав доминантов травяно-кустарничкового яруса оставался постоянным – *Epilobium angustifolium* L. (syn. *Chamaenerion angustifolium*) (24%), *Equisetum sylvaticum* L. (13,4%), *Achillea millefolium* L. (6,6%), *Taraxacum campyloides* G. E. Haglund. (6,3%), *Trifolium repens* L. (5,9%), *Fragaria vesca* L. (5,4%), *Centaurea scabiosa* L. (5%).

Проведение рубок ухода способствовало увеличению видов травяно-кустарничкового яруса уже на следующий год после их проведения ($F = 6,2, p = 0,008$). Максимальное число видов отмечено на 12-летней (на третий год после рубок ухода), минимальное – на 9-летней залежи (рис.). При увеличении возраста залежи и сомкнутости крон деревьев число видов на всех пробных площадях снизилось ($F = 8,7, p = 0,002$).

Установлено, что после рубок ухода (на 2-й, 3-й год) проективное покрытие видов травяно-кустарничкового яруса увеличилось (рис.). В течение исследуемого периода проективное покрытие травяного покрова в редком насаждении было значительно выше, чем на других пробных площадях. Наибольшее проективное покрытие приходилось на виды *Epilobium angustifolium* (24%), *Equisetum sylvaticum* (10%), *Fragaria vesca* (8%). При увеличении времени после рубок (через 5 лет) в зависимости от их интенсивности проективное покрытие видов травяно-кустарничкового яруса на залежных землях снизилось ($F = 20,9, p < 0,0001$).



ЛИТЕРАТУРА

1. Вараксин Г.С., Вайс А.А., Байкалов Е.М. Заращение древесной растительностью земель сельскохозяйственного назначения // Вестник КрасГАУ, 2012, 5. С. 201–205.
2. Онучин А.А., Маркова И.И., Павлов И.Н. Влияние рубок ухода на радиальный прирост стволов и формирование сосновых молодняков // Хвойные бореальной зоны, 2011, 28 (3–4). С. 258–267.
3. Рыбакова А.Н., Токавчук В.В. Сукцессии растительности и фитомасса залежей лесостепной зоны Красноярского края // Молодежь и наука: матер. VII Всерос. науч.-техн. конф. студ., аспирантов и молодых ученых. Красноярск: Изд-во СФУ, 2011. С. 14–18.
4. Самбуу А.Д. Сукцессии растительных сообществ в травяных экосистемах Тувы: автореф. дис. ... докт. биол. наук: 03.02.01, 03.02.08. Новосибирск, 2014. 32 с.
5. Сорокина О.А., Сорокин Д.Н. Влияние сосновых культур на биологические свойства старопахотных почв // Лесоведение, 2006, 3. С. 24–30.
6. Токавчук В.В. Оценка свойств серых почв при восстановлении леса на залежных землях лесостепной зоны: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.13. Красноярск, 2011. 18 с.
7. Фитоценология / Т.А. Работнов. М.: Изд-во МГУ, 1978. 384 с.
8. Шпедт А.А., Чупрова В.В. Рекомендации по освоению залежных земель в Красноярском крае // Вестник КрасГАУ, 2009, 4. С. 130–134.

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К СЕЛЕКЦИИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ПО ПРИЗНАКУ ОКРАСКИ МУЖСКИХ ГЕНЕРАТИВНЫХ СТРУКТУР

А.Е. КОНОВАЛОВА, А.В. ПИМЕНОВ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (annkonovalov@mail.ru, pimenov@ksc.krasn.ru)

INNOVATIVE APPROACH TO SCOTS PINE SELECTION BASED ON ANTERS COLOR

A.YE. KONOVALOVA, A.V. PIMENOV

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (annkonovalov@mail.ru, pimenov@ksc.krasn.ru)

Перспективным методом идентификации некоторого набора генетически закрепленных признаков сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* Lindl.) является оценка окраски мужских генеративных структур. На ее основании различают две формы сосны – желтопыльниковую (*P. s. f. sulfuranthera* Kozubow) и краснопыльниковую (*P. s. f. erythranthera* Sanio). Особенности роста красно- и желтопыльниковой форм сосны, в том числе формирование стволовой древесины в различных лесорастительных условиях, ранее не исследовались. Однако именно это может стать новым инновационным подходом в селекции сосны при целевом лесовыращивании, основанном на глубоком понимании экологии различных ее форм.

Целью нашего исследования являлся анализ связи окраски мужских генеративных структур и диаметра стволов в ряде экотопов Ширинской степи.

Исследования проводились в лесных культурах на пологом приозерном склоне (1–3°) оз. Шира, созданных в 1959 г. посадкой 2–3-летних саженцев сосны обыкновенной кулундинского подвида (*P. s. kulundensis* Sukaczew) Минусинской популяции [5]. В соответствии с геоботаническим районированием территория относится к Ююсо-Ширинскому степному округу геоботанической провинции Минусинской котловины [7]. Всего было обследовано 307 деревьев на шести пробных площадях (ПП) в возрасте 55 лет.

На первом этапе оценивалось соотношение форм. Оценка связи окраски микростробиллов и диаметра стволов проводилась методом информационного анализа. Диаметры разделялись на две группы: от 0 до 50 и от 51 до 100% от величины максимального диаметра ствола на пробной площади. Частоты встречаемости признаков группировались в таблицы сопряженности. Для каждой вычислялись энтропии подсистем, общие взаимные энтропии, полная взаимная информация систем и частная информация о состоянии одной подсистемы, получаемая при известном состоянии другой подсистемы [1, 4]. Проверка значимости проводилась сравнением с минимальной общей взаимной информацией при наличии статистически значимой связи ($p = 0,95$) [3].

На всех ПП доминирует желтопыльниковая форма. Доля деревьев краснопыльниковой формы в среднем составляет $22,5 \pm 5,8\%$. Так, наибольшее ее участие (29%) отмечается на ПП № 5, расположенной ближе остальной к береговой линии в нижней части вогнутого склона с сезонным избыточным грунтовым увлажнением. Немного меньше ее (27%) на ПП № 2, находящейся хотя и на большем удалении от береговой линии, но на вогнутом участке. Также увеличена доля краснопыльниковой формы (23%) и на максимальном удалении от береговой линии в верхней части выпуклого склона, где деревья расположены небольшими группами (5–7 шт.) или одиночно. ПП, находящиеся в средней части склона, имеют в составе 20 и 19% краснопыльниковой формы, из чего можно заключить, что доля краснопыльниковой формы возрастает в условиях почвенного увлажнения, отклоняющихся от оптимума. Полученные для Ширинской степи результаты соответствуют ранее выявленным закономерностям, согласно которым в пессимальных для вида условиях увеличивается участие краснопыльниковой формы [8, 2, 6].

Информационные меры показали, что существует статистически достоверная связь между окраской микростробиллов и диаметрами стволов. На участках с недостаточным увлажнением, расположенных на выпуклых элементах рельефа на отдалении от береговой линии (ПП № 1 и № 4), связи имеют сходный вид: положительное значение частной информации краснопыльниковой формы с большими диаметрами стволов и желтопыльниковой – с малыми диаметрами (рис. 1). Таким образом, в наиболее ксерофитных условиях для деревьев с большим диаметром характерна красная окраска микростробиллов. Обратна закономерность распределения частной информации для деревьев на вогнутых элементах рельефа и/или вблизи береговой линии (ПП № 2,3,5 и 6). Здесь деревья с большим диаметром имеют желтую окраску микростробиллов, а деревья с диаметром меньше 50% – преимущественно красную.

Это свидетельствует о том, что в зависимости от окраски микростробиллов проявляются различные реакции на особенности местопроизрастания. Доминирующая желтопыльниковая форма имеет больший радиальный рост только вблизи береговой линии и на вогнутых элементах рельефа в условиях нормального и сезонного избыточного почвенного увлажнения на фоне довольно сухих условий. Деревья краснопыльниковой формы на выпуклых формах рельефа с недостаточным увлажнением лучше выживают и характеризуются большими диаметрами. В условиях сезонного избыточного увлажнения и высокой гу-

стоты они также проявляют повышенную выживаемость, но имеют пониженный радиальный рост.

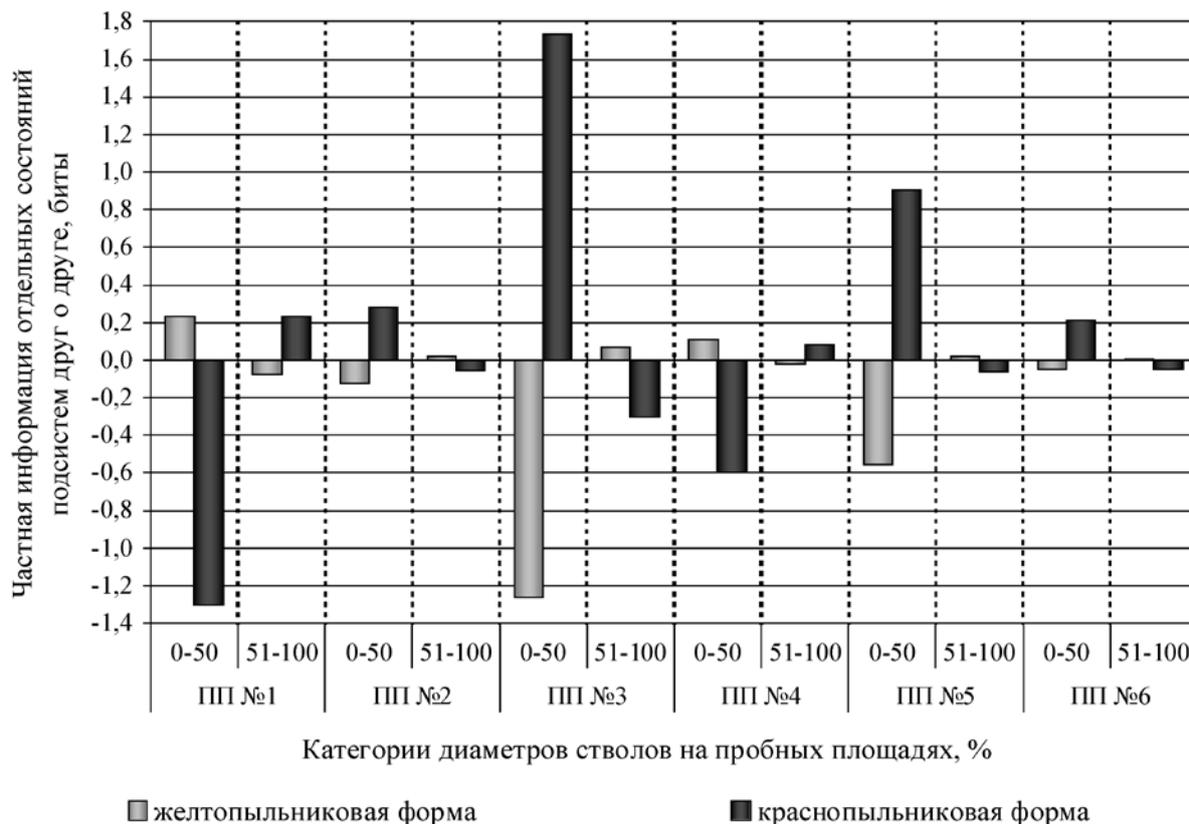


Рис. 1. Частная информация окраски микростробилов сосны обыкновенной и категорий диаметра.

Принимая во внимание ранее полученные результаты исследования морфологии и качества пыльцы [6] и собственные результаты, можно предположить, что краснопыльничковая форма представляет собой некий «запас прочности» популяции, способный обеспечить выживание вида в неблагоприятных условиях. Все это отражает происходящий в популяции процесс адаптации к новым условиям произрастания вне естественного ареала вида. Учет данных особенностей экологической стратегии красно- и желтопыльничковой форм сосны при создании лесных культур может повысить выживаемость посадочного материала, сократить величину отпада и улучшить стволовую продуктивность искусственных насаждений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вентцель Е.С.* Теория вероятностей. М.: Наука, 1969. 576 с.
2. *Дудник С.В., Тарханов С.Н., Шекалёв Р.В.* Фенотипическая изменчивость сосны на территории Северо-Двинского бассейна // Актуальные проблемы лесного комплекса. Сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-техн. конф., вып. 15. Брянск: БГИТА, 2006. С. 16–18.
3. *Елисеева И.И.* Статистические методы измерения связей. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1982. 136 с.
4. *Кофман Г.Б., Коновалова М.Е., Коновалова А.Е.* Дифференцированная оценка сопряженности доминирующих древесных видов и элементов рельефа // Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика. Матер. Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Сиб. отд-ние Рос. акад. наук, Ин-т леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. С. 278–280.
5. *Молоков В.А., Невзоров В.Н., Савин Е.Н.* Интродуценты в защитных и лечебно-оздоровительных насаждениях на берегах степных водоемов лечебного значения в Южной Сибири. Красноярск: СибГТУ, 2000. 40 с.
6. *Пименов А.В., Седельникова Т.С., Ефремов С.П.* Морфология и качество пыльцы сосны обыкновенной в контрастных экотопах Республики Хакасия // Лесоведение, 2014, № 1. С. 57–64.
7. *Растительный покров Хакасии* / А.В. Куминова, Г.А. Зверева, Ю.М. Маскаев. Новосибирск: Изд-во «Наука», Сиб. отд-е, 1976. 423 с.
8. *Санников С.Н., Петрова И.В.* Дифференциация популяций сосны обыкновенной. Екатеринбург: УРО РАН, 2003. 247 с.

ФОРМИРОВАНИЕ РУБКАМИ УХОДА ЧЕРНЕВЫХ КЕДРОВНИКОВ

М.Е. КОНОВАЛОВА, Д.И. НАЗИМОВА, Д.М. ДАНИЛИНА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (markonovalova@mail.ru)

THE FORMING OF CHERN FORESTS DOMINATED BY *PINUS SIBIRICA* BY THINNING

M.YE. KONOVALOVA, D.I. NAZIMOVA, D.M. DANILINA

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (markonovalova@mail.ru)

В 1966 г. сотрудниками Института леса СО РАН под руководством Н.П. Поликарпова на месте сплошных вырубок 1949 и 1939 г., возобновившихся хвойно-лиственными молодняками, был заложен уникальный эксперимент по формированию кедровников рубками ухода в условиях черневого ВПК Западного Саяна, обеспечивающими максимальную продуктивность кедровых лесов. В рамках настоящей работы представлены результаты этого опыта по данным 50-летних наблюдений.

Исследования проводились на двух объектах Ермаковского стационара Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН: «Лежневка» (53° 02' с. ш., 92° 54' в. д.) и «Китаева гора» (53° 08' с. ш., 92° 54' в. д.). Они расположены в черневом высотно-поясном комплексе типов леса (ВПК) Джебашско-Амыльского лесорастительного округа Западного Саяна [6] в диапазоне относительных высот от 350 до 500 м. Второй объект размещен вблизи границы подтаежного ВПК. Оба участка принадлежат к низкогорной черневой крупнотравно-папоротниковой группе типов леса. На них после сплошных рубок в 1949 и 1939 г. (соответственно) сформировались пихтово-лиственные молодняки [5]. На каждом участке в однородных лесорастительных условиях заложены постоянные пробные площади, имеющие по две секции. На секциях, обозначенных литерой «С», в 1966 и 1984 г. были проведены два приема рубок ухода за предварительным возобновлением кедра (в возрасте 30–40 лет) с полным удалением сопутствующих пород. Контролем к ним являются секции, обозначенные литерой «А», где наблюдался естественный ход лесовосстановления на вырубках.

На протяжении 50 лет прослежена динамика таксационных характеристик древостоев, подроста и фитоценотической структуры производных насаждений методами перечислительной таксации, стандартного учета естественного возобновления, геоботанических описаний и картирования. Основные результаты лесотаксационных работ приведены в табл.

В ходе естественного лесовосстановления после сплошных рубок леса в центральной и экотонной частях черневого пояса на первых этапах формируются физиономически близкие сообщества с доминированием осины и пихты. Отдельные экземпляры предварительного подроста кедра входят в основной полог древостоя, при этом его численность сокращается в 2–6 раз. В процессе смен возрастных поколений (начиная с 50–70 лет) осины и пихты проявляют все признаки конкурентных видов. Периодически образующееся возобновление кедра (до 4 тыс. шт./га мелкого подроста) гибнет, не перейдя в среднюю категорию крупности, в связи с высокой конкуренцией со стороны материнского полога и мощно развитого травяного покрова. В целом при естественном восстановлении сплошнолесосечных вырубок в черневом ВПК Западного Саяна наблюдаются длительно-производные, а нередко даже устойчиво-производные смены пород. Кедр, в крайне незначительном количестве вошедший в основной полог, и его подрост не могут обеспечить естественное восстановление черневых кедровников [1, 2, 4].

Как известно, для достижения наибольшего эффекта рубками ухода кедр должен быть полностью освобожден от конкурентного влияния в возрасте до 30–40 лет [3]. В условиях черневого ВПК после полного удаления сопутствующих кедров пород в этом возрасте наблюдалось сильное разрастание кустарников, вейника Лангсдорфа, видов крупнотравья и орляка. Существенно активизировалось порослевое возобновление осины (особенно ближе к подтайге) и семенное – пихты. Повторный прием рубки ухода обеспечил свободное размещение деревьев кедра. Восстановившийся крупнотравно-папоротниковый с широколиственным травяной покров (высота до 120 см, ОПП – 100%) и уже в достаточной мере развитый полог древостоя кедра предотвратили повторное возобновление сопутствующих пород. В результате за 50-летний период произошло формирование практически чистых высокопродуктивных кедровников. Запас древесины кедра на 2013 г. составил 182 м³/га в возрасте 75–80 лет и 270 м³/га в возрасте 85–90 лет («Лежневка» и «Китаева гора», соответственно), а средний прирост древесины за последние 9 лет – 10 м³/га в год. Древостой кедра достиг среднего диаметра 35 ± 1,5 см и высоты 20 ± 0,5 м. При этом темпы роста за последние 9 лет по диаметру значительно выше, чем по высоте (на 27% и 13%, соответственно). В условиях достаточно невысокой полноты (0,5–0,6) практически не наблюдалось отмирания нижней части крон деревьев кедра. Отдельные деревья достигли молодой генеративной стадии развития в возрасте 60–65 лет.

Урожайность ореха в отдельные годы в этот период достигала уже 160 кг/га. В настоящее время

деревья сохраняют цилиндрическую форму кроны с некоторым увеличением ее диаметра в верхней части (протяженность кроны составила 70–90% от высоты дерева, средний диаметр кроны – $4,4 \pm 0,16$ м). Это способствует формированию высоких и стабильных урожаев ореха до 300 кг/га в возрасте 75–80 лет, что превосходит урожайность естественных черневых кедровников на пике семенной продуктивности в 180–250 лет [3]. Примечательна высокая стабильность урожайности кедрового ореха: частичное снижение урожайности (~ на 25%) следует после двух особенно урожайных лет. За последние годы отмечено некоторое улучшение естественного возобновления (2К6П1Б1Ос). Подрост кедра (0,4 тыс. шт./га), представленный мелкой и средней категориями крупности, приурочен к полуразложившемуся валежу и мелко-травным, рыхлопокровным, мелко-травно-осочковым таежным синузиям, развивающимся под пологом сомкнутых био-групп древостоя.

Таблица. Основные таксационные характеристики древостоев на постоянных пробных площадях по годам учета

Год	Состав		Запас сыройрастущей древесины, м ³	Общая полнота	Общая густота, шт./га
	1 яруса	2 яруса			
Объект «Лежневка»					
1960	Пихтово-лиственничная фаза с кедром менее 10%				3000–4000
Секция А III					
1968	4П4Б2Ос+К	–	88	0,75	2756
1978	5П3Б2Ос+К	–	153	0,80	3326
2004	4П1К3Ос2Б	–	244	0,78	500
2010	4Ос2Б1К3П	10П	247	0,76	452
Секция С III					
1968	9К1П	10П+К	–	–	833
1978	9К1П	10П+К	–	0,70	937
2004	10К	6Б4П+П	132	0,57	436
2010	10К+Б,П	10П	190	0,53	412
Объект «Китаева гора»					
1966	5Ос2Б2П1К+С		106	1	3472
Секция А I					
1984	7Ос2Б1К+Пед.С	7П2К1Б ед.Ос	320	1,40	3392
2004	5Ос2П2Б1К	7П2К1Б	476	1,56	1600
2013	5Ос2П2Б1К	7П2К1Б	521	1,46	1054
Секция С I					
1984	9К1Б+С ед.П		111	0,60	336
2004	9К1Б+С,П,Ос		173	0,61	372
2013	9К1Б+Ос ед.С,Пх		277	0,60	224

Проведенный эксперимент по формированию кедровников из хвойно-лиственных молодняков в низкогорной черневой крупнотравно-папоротниковой группе типов леса показал высокую эффективность двукратного применения рубок ухода. Уникальные природно-климатические условия черневого ВПК наветренного макросклона Западного Саяна позволили в сжатые сроки (50 лет) получить высокую семенную и ствольную продуктивность кедрового древостоя, что является примером одного из приемов высокоэффективного ведения хозяйства в кедровых лесах. Опыт может быть распространен на аналогичные по условиям регионы Алтае-Саянской горной области, такие как северо-восточная часть Алтая, западные склоны Восточного Саяна и Кузнецкого Алатау, вся северная часть Западного Саяна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабинцева Р.М. Возобновление кедров на вырубках в зеленомошных и папоротниковых группах типов леса Танзыйбейского леспромхоза Красноярского края // Рубки и возобновление в лесах Сибири. Сб. науч. тр. Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1963. С. 171–184.
2. Исмаилова Д.М., Назимова Д.И. Долговременная динамика фитоценотической структуры черневых пихтово-осиновых лесов в предгорьях Западного Саяна // Лесоведение, 2007, 3. С. 3–10.
3. Кедровые леса Сибири / И.В. Семечкин, Н.П. Поликарпов, А.И. Ирошников и др. Новосибирск: Наука, 1985. 257 с.
4. Кузьмичев В.В., Овчинникова Н.Ф., Ермоленко П.М. Восстановительная динамика темнохвойных лесов на сплошных вырубках в Западном Саяне // Лесное хозяйство, 2002, 6. С. 22–24.
5. Назимова Д.И., Ермоленко П.М. Динамика синузальной структуры при восстановительных сукцессиях в черневых кедровниках Западного Саяна // Динамика лесных биогеоценозов Сибири. Сб. науч. тр. Новосибирск, 1980. С. 54–87.
6. Типы лесов гор Южной Сибири / В.Н. Смагин, С.А. Ильинская, Д.И. Назимова и др. Новосибирск: Изд-во «Наука», 1980. 336 с.

ИНТЕГРАЛЬНАЯ И ПАРЦИАЛЬНАЯ СОПРЯЖЕННОСТЬ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ЭЛЕМЕНТОВ РЕЛЬЕФА

Г.Б. КОФМАН, М.Е. КОНОВАЛОВА, А.Е. КОНОВАЛОВА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (gkofman@mail.ru)

TOTAL AND PARTIAL CONTINGENCY OF VEGETATION AND RELIEF ELEMENTS

G.B. COFFMAN, M.YE. KONOVALOVA, A.YE. KONOVALOVA

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (gkofman@mail.ru)

В процессе исследования многообразия взаимосвязей компонентов ландшафта природно-территориальные комплексы дифференцируются на взаимодействующие компоненты, которые описываются рядом признаков или свойств. Поскольку по крайней мере одна из рассматриваемых подсистем в подобном рода задачах описывается номинальными переменными, то количественные оценки взаимосвязи растительного покрова и орографических факторов основаны на анализе таблиц сопряженности – критерий χ^2 , энтропийные меры связи – $R_{X|Y}$ и k - статистика в ГИС-технологиях. Стандартное использование критерия χ^2 позволяет оценить только сам факт сопряженности, но не величину взаимосвязи. Однако эта проблема легко решается при переходе к нормированным значениям χ^2 – коэффициенту Крамера (1), а k - статистика и энтропийная мера – $R_{X|Y}$ являются нормированными величинами по определению. Все три коэффициента могут быть использованы для оценки сопряженности подсистем или картографических слоев в целом и должны приводить к согласованным результатам, поскольку разными методами проверяется одна и та же гипотеза – неслучайность реально наблюдаемых сочетаний разных состояний.

Более глубокие и принципиально новые возможности появляются при переходе от оценок интегральной сопряженности к дифференциальной. В этом случае можно оценивать сопряженность двух состояний для отдельных структурных элементов подсистем – выдела, пикселя и т. д. Естественное последовательное разложение интегральной сопряженности $R_{Y|X}$ двух подсистем X и Y на компоненты $I_{y_j \rightarrow X}$ и $I_{y_j \leftrightarrow x_i}$ для информационной энтропии было использовано в данной работе.

Исследования проведены на примере малонарушенного и хорошо изученного объекта – лесов заповедника «Столбы». В качестве структурной единицы растительного покрова (подсистема Y) нами выбраны серии типов леса. Рельеф (подсистема X) дифференцировали по экспозиции склонов.

В качестве общих мер связи между данными признаками использованы мера связанности Крамера, основанная на χ^2 , и энтропийная мера связи – коэффициент относительной редукции неопределенности $R_{X|Y}$.

Мера связанности Крамера рассчитывается по формуле:

$$K = \sqrt{\frac{\chi^2}{n \min(r-1, c-1)}}, \quad (1)$$

где χ^2 – статистика критерия хи-квадрат, n – общее число наблюдений, r , c – соответственно число строк и столбцов таблицы сопряженности.

Коэффициент нормированной информации $R_{Y|X}$, который определяет часть разнообразия системы Y , объясняемую системой X , рассчитывается по формуле:

$$R_{Y|X} = \frac{I(X, Y)}{H(Y)} = \frac{H(Y) - H(Y|X)}{H(Y)}, \quad (2)$$

где $I(X, Y)$ – общая взаимная информация подсистем X и Y , $H(Y)$ – энтропия подсистемы Y , $H(Y|X)$ – условная энтропия подсистемы Y .

Структура взаимосвязи подсистем анализируется по величинам частичной информации фиксированного состояния одной подсистемы (y_j) по отношению к другой подсистеме в целом (X) (3) и частичной информации о каждом состоянии одной подсистемы (x_i), рассчитываемом при известных состояниях другой подсистемы (y_j) (4):

$$I_{y_j \rightarrow X} = \sum_{i=1}^n \frac{P(x_i, y_j)}{r_j} \log \frac{P(x_i, y_j)}{p_i r_j}, \quad (3)$$

$$I_{y_j \leftrightarrow x_i} = \log \frac{P(x_i, y_j)}{r_j p_i}, \quad (4)$$

где $P(x_i, y_j)$ – вероятность состояния (x_i, y_j) объединенной системы; r_j – вероятность состояния y_j подсистемы Y , p_i – вероятность состояния x_i подсистемы X .

На рисунке показаны значения обоих коэффициентов для таблиц сопряженности серий типов леса и экспозиций склонов в пределах высотно-поясных комплексов типов леса (ВПК), ранее обоснованных для территории заповедника. Несмотря на различия в величине значений данных показателей, связанных с разными шкалами, их изменения при переходе от одного ВПК к другому имеют согласованный характер.

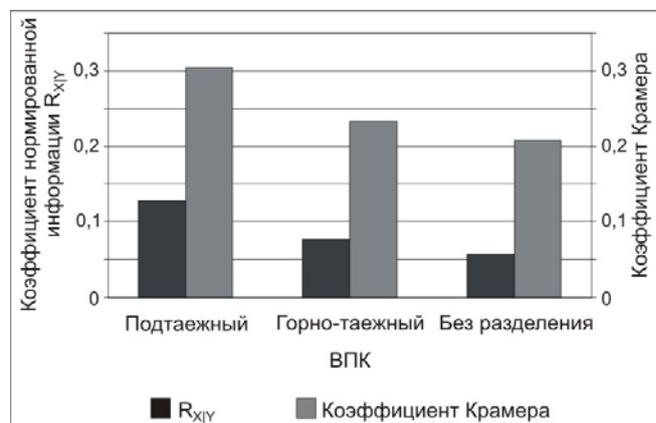


Рис. 1. Сопряженность серий типов леса и экспозиций склонов на распространение растительных сообществ снижается. Наименьшие значения коэффициентов наблюдаются при анализе связей растительности и признаков рельефа для объединенного массива данных без их предварительной дифференциации по ВПК. Это объясняется тем, что различные ВПК характеризуются определенными природно-климатическими параметрами, обусловленными высотой над уровнем моря и географическим положением. Общие различия по тепло- и влагообеспеченности являются причиной возникновения отличий в экотопических условиях на сходных элементах рельефа в пределах каждого ВПК. Следовательно, при объединении данных по нескольким ВПК статистическая взаимосвязь растительности и рельефа «размывается» в силу большего разнообразия растительности на сходных формах мезорельефа.

Полученные результаты оценивают взаимосвязь растительности и рельефа в целом. Полный спектр теоретико-информационных мер связи предоставляет возможность более глубокого анализа. Так, разложив интегральную характеристику взаимосвязи (общую взаимную информацию подсистем $I(X, Y)$) на составляющие компоненты – парциальную информацию отдельных серий типов леса по отношению к

экспозициям склонов в целом ($I_{y_j \rightarrow X}$), можно выявить, распространение каких серий типов леса в большей степени зависит от экспозиций склонов, а каких – в меньшей. Например, в подтаежном ВПК к последним относятся такие фоновые серии типов леса, как разнотравно-осочковая, осочково-крупнотравная, кустарниково-крупнотравная и разнотравно-орляковая. Напротив, в наибольшей степени связаны с экспозициями склонов мелкотравно-зеленомошная и крупнотравно-зеленомошная серии, приуроченные только к склонам теневой экспозиции.

Еще более ценные сведения о характере взаимосвязи серий типов леса и экспозиций склонов можно получить, разложив информацию на ее элементарные составляющие – частную информацию «от состояния к состоянию» ($I_{y_j \leftrightarrow x_i}$), которая в отличие от предыдущих показателей может иметь как положительные, так и отрицательные значения, что является выражением свойств рассматриваемых подсистем. Положительное значение частная информация «от состояния к состоянию» имеет в том случае, если реальная вероятность сочетания состояний x_i и y_j ($P(x_i, y_j)$) больше, чем могла бы быть при случайном сочетании состояний ($p_i r_j$). Частная информация может принимать отрицательные значения в случаях, если вероятность сочетания состояний x_i и y_j ($P(x_i, y_j)$) меньше, чем могла бы быть при случайной комбинации состояний ($p_i r_j$). То есть в этом случае можно говорить о нетипичности сочетания состояний в рамках рассматриваемой системы. Так, на примере того же подтаежного ВПК можно выяснить, что, несмотря на широкую встречаемость, разнотравно-орляковая серия типов леса имеет положительные значения частной информации со склонами северной, северо-восточной и северо-западной экспозиции, а отрицательное – со всеми остальными. Это говорит о нехарактерности формирования разнотравно-орляковой серии типов леса на световых склонах и большей сопряженности ее со световыми склонами. Еще более распространенная разнотравно-осочковая серия избегает склонов северной и северо-восточной экспозиции, а кустарниково-крупнотравная – склонов световой экспозиции. Полученные результаты имеют гораздо большую значимость, чем простой анализ частоты встречаемости разных серий типов леса на различных

Наиболее высокие значения коэффициентов связи наблюдаются в подтаежном ВПК, граничащем с Красноярской лесостепью. Здесь в большей степени проявляются такие лимитирующие факторы, как сдувание снежного покрова, промерзание почвы, недостаток почвенной и воздушной влаги. Все это создает более жесткий каркас лесорастительных условий, формирующийся в результате перераспределения влаги рельефом. Несколько ниже показатели связи серий типов леса с экспозициями склонов в горно-таежном ВПК, где относительно мягкий климат в сочетании с менее расчлененным рельефом создают более равномерные условия произрастания леса.

Таким образом, влияние экспозиций склонов

склонах, пусть даже выраженной в долях от частоты встречаемости этих склонов, так как позволяют не просто подсчитывать количество совпадений состояний растительности и рельефа, а оценивать случайность или неслучайность сочетания этих состояний. На основе такого анализа можно делать выводы о характерных для данной территории сочетаниях компонентов природных территориальных комплексов разного уровня, оценивать потенциальные места распространения растительных сообществ и перейти от оценки сопряженности карт в целом к построению детальных карт сопряженности отдельных состояний.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПИХТОВЫХ ЛЕСОВ В ЗОНЕ ИНВАЗИИ УССУРИЙСКОГО ПОЛИГРАФА В ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ: ПРИНЦИПЫ И ПОДХОДЫ

С.А. КРИВЕЦ, Э.М. БИСИРОВА, Н.М. ДЕБКОВ, И.А. КЕРЧЕВ, Н.А. ЧЕРНОВА

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск (krivec@inbox.ru)

DEVELOPING OF FIR FOREST STATE MONITORING TECHNOLOGY IN AREA OF FOUR-EYED FIR BARK BEETLE INVASION IN TOMSK OBLAST: PRINCIPLES AND APPROACHES

S.A. KRIVETS, E.M. BISIROVA, N.M. DEBKOV, I.A. KERCHEV, N.A. CHERNOVA

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk (krivec@inbox.ru)

Томская область наряду с Красноярским и Алтайским краями, Кемеровской и Новосибирской областями, республиками Алтай и Хакасия вошла в обширную территорию вторичного ареала опасного инвазионного стволового вредителя пихты сибирской – уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandf. [6]. Проникновение его в окрестности Томска ориентировочно датируется серединой 1990-х гг. [3]. Начиная с 2011 г. [7] на территории области постоянно фиксируются интенсивные локальные очаги чужеродного вредителя. По последним данным, инвайдер распространился в Томской области на территории 11 лесничеств (Асиновского, Бакчарского, Верхнекетского, Зырянского, Корниловского, Кривошеинского, Первомайского, Тегульдетского, Тимирязевского, Томского и Чаинского).

Несмотря на небольшую по сравнению с другими регионами Сибири площадь пихтовых лесов (588 тыс. га) и в целом небольшую их долю в лесном фонде Томской области (3,1% площади, 4% запасов древесины), пихтарники, сосредоточенные в основном в южной ее части, играют здесь важнейшую средообразующую роль, в том числе в составе лесного покрова ряда особо охраняемых природных территорий. Появление нового агрессивного энтомова вредителя ставит типичные южнотаежные ландшафты под угрозу сокращения и даже локального исчезновения.

В связи с развитием инновационных технологий Томской области в настоящее время принадлежит приоритет в получении в промышленных масштабах из хвои пихты сибирской ценнейших биоактивных веществ – полипенолов, обладающих широким спектром фармакологического действия. Массовое размножение уссурийского полиграфа в пихтовых древостоях приводит не только к потере деловой древесины, но и к сокращению запасов сырья для получения ценных органических продуктов.

Реальная оценка роли уссурийского полиграфа в снижении как экологических, так и ресурсных функций лесов области и организация их защиты требуют разработки принципов и технологии мониторинга и прогнозирования дальнейшего развития инвазийной ситуации и состояния пихтовых лесов.

Система мониторинга лесов в зоне распространения уссурийского полиграфа должна учитывать особенности инвазионного процесса, к числу которых относятся: способность вредителя к активному расселению и освоению пихтовых насаждений, ослабленных воздействием хронических и стрессовых негативных факторов; агрессивность, выражающаяся в нападении на внешне здоровые деревья и переносе фитопатогенов; существование в настоящее время большого количества локальных очагов массового размножения и расстроенных полиграфом пихтовых древостоев как в эксплуатационных лесах, так и в лесах защитных категорий [11].

Как показали наши исследования, проведенные на территории Томской области, *P. proximus* является видом-трансформером, влияющим прямо или косвенно на все основные компоненты экосистем-реципиентов инвазии [5]. При разработке технологии мониторинга это обуславливает необходимость комплексной оценки состояния поврежденных насаждений, отражающей как состояние отдельных компонентов экосистемы, так и ее функционирование как единого целого, с использованием программ и методов биогеоэкологических исследований, разработанных в отечественной школе лесной экологии [10], принципов и методов оценки состояния и устойчивости экосистем [9], дополненных современными методами экологической оценки свойств местообитаний [12], методами оценки жизненного состояния древесных растений [1], методами лесопатологических исследований в очагах стволовых насекомых [8] и другими методами, в том числе адаптированными авторами данного сообщения к конкретной инвазийной ситуации или разработанными впервые [2, 4, 5].

В рамках такого подхода в качестве параметров для оценки экологического состояния пихтовых лесов предлагается использовать наиболее важные величины, характеризующие основные компоненты лесной экосистемы и их изменения в связи с возникновением нового фактора негативного воздействия, в том числе: показатели химического, физического и гумусного состояния почв; параметры состояния растительного покрова (видовой состав доминантов, выполняющих основную средообразующую роль; проективное покрытие доминирующих видов; сомкнутость крон эдификаторного яруса; экологические спек-

тры сообществ; экологическая валентность фитоценоза; аспектированность фитоценоза; возрастной состав ценопопуляции доминирующих видов растений; жизненное состояние (виталитет) древесных эдификаторов в разных онтогенетических фазах); показатели состояния животного населения (трофическая структура; видовое разнообразие ключевых таксонов наземных и почвенных беспозвоночных, орнитофауны, мелких млекопитающих; плотность популяций видов-доминантов, в том числе уссурийского полиграфа как инициатора изменений, видов-индикаторов воздействий); показатели состояния биогеоценоза (изменения микроклимата; соотношение запасов живой биомассы древостоя и мертвого органического вещества; скорость деструктивных процессов).

Из-за трудоемкости исследований этот подход в полном объеме реализуется в ходе наземных наблюдений в наиболее ценных лесах – на особо охраняемых природных территориях Томской области (заказники Ларинский ландшафтный, Калтайский и Томский зоологические, Южнотаежный ботанический, другие ООПТ), в которых выявлены очаги массового размножения уссурийского полиграфа.

Наряду с такими длительными режимными наблюдениями на стационарных пунктах, заложенных в поврежденных лесах в разных ландшафтных условиях для выявления динамики экосистем и хода сукцессионных процессов, в рамках мониторинга должны осуществляться региональные краткосрочные (оперативные) исследования в эксплуатационных пихтовых лесах для установления расширения границ инвазии, которые могут выявляться как дистанционными, так и наземными методами с учетом основных факторов риска распространения полиграфа, а также интенсивные наблюдения в местах наибольшей деградации пихтовых лесов для выяснения конкретных причин их ослабления и характеристик очагов усыхания. Для оперативной оценки состояния эксплуатационных лесов в различных районах области используется ограниченный набор наиболее информативных показателей: популяционные параметры уссурийского полиграфа, характеристики состояния древесного яруса и естественного возобновления.

В результате практической реализации указанных подходов в 2016–2018 гг. будет разработана система локального и регионального экологического и лесопатологического мониторинга темнохвойных лесов Томской области в зоне инвазии уссурийского полиграфа с учетом биоэкологических особенностей инвайдера и его взаимодействия с пихтой сибирской. Система мониторинга будет включать: порядок организации мониторинга; разработанную натурную сеть пунктов контроля состояния по группам и категориям защитности лесов; обоснование специфики и характеристику методов и параметров регистрации, оценки текущих изменений в поврежденных лесах, прогноза вероятного развития событий в условиях природно-климатических и лесохозяйственных особенностей Томской области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение, 1989, 4. С. 51–57.
2. Волкова Е.С., Кривец С.А., Мельник М.А. Районирование Томской области по опасности распространения уссурийского полиграфа – нового вредителя пихты сибирской // География и природные ресурсы, 2014, 3. С. 40–47.
3. Демидко Д.А. Датировка инвазии полиграфа уссурийского *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae) на территорию Томской области // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 2014, 207. С. 225–234.
4. Кривец С.А., Бисирова Э.М. Оценка жизненного состояния пихты сибирской в очагах массового размножения уссурийского полиграфа // Экологические и экономические последствия инвазий дендрофильных насекомых: матер. Всерос. конф. 25–27 сент. 2012 г., Красноярск. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2012. С. 60–64.
5. Кривец С.А., Бисирова Э.М., Керчев И.А., Пац Е.Н., Чернова Н.А. Трансформация таежных экосистем в очаге инвазии полиграфа уссурийского *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) в Западной Сибири // Российский журнал биологических инвазий, 2015, 1. С. 41–63.
6. Кривец С.А., Керчев И.А., Бисирова Э.М., Демидко Д.А., Петько В.М., Баранчиков Ю.Н. Распространение уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandf. (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) в Сибири // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 2015, 211. С. 33–45.
7. Кривец С.А., Керчев И.А., Кизеев Ю.М., Кожурин М.А., Козак Р.Г., Филимонов М.Н., Чемоданов А.В., Чугин В.С. Уссурийский полиграф *Polygraphus proximus* Blandf. (Coleoptera, Scolytidae) в пихтовых лесах Томской области // Болезни и вредители в лесах России: XXI в.: матер. Всерос. конф. с междунар. участием и V ежегодных чтений памяти О.А. Катаева, 20–24 сентября 2011 г., Екатеринбург. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2011. С. 53–55.
8. Методы мониторинга вредителей и болезней леса / под общ. ред. В.К. Тузова. М.: ВНИИЛМ, 2004. 200 с.
9. Оценка состояния и устойчивости экосистем / В.В. Снакин, В.Е. Мельниченко, Р.О. Бутовский и др. М.: ВНИИ-природа, 1992. 127 с.
10. Программа и методика биогеоценологических исследований / отв. ред. Н.В. Дылис. М.: Наука, 1974. 404.
11. Уссурийский полиграф в лесах Сибири (распространение, биология, экология, выявление и обследование поврежденных насаждений). Методическое пособие / С.А. Кривец, И.А. Керчев, Э.М. Бисирова и др. Томск – Красноярск, 2015. Издательский дом «УМИУМ». 48 с.
12. Экологическая оценка флоры и растительности Якутии / А.Ю. Королюк, Е.И. Троева, М.М. Черосов и др. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2005. 108 с.

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 16-44-700782 p_a).

ПРИВИВКИ КЕДРОВЫХ СОСЕН В КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Г.В. КУЗНЕЦОВА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (galva@ksc.krasn.ru)

STONE PINE GRAFTS IN THE KRASNOYARSK FOREST-STEPPE

G.V. KUZNETSOVA

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (galva@ksc.krasn.ru)

Прививочная плантация кедра сибирского разного происхождения была создана лабораторией лесной генетики и селекции Института леса СО РАН под руководством А.И. Ирошникова в 1963–1965 гг. В создании плантации принимали участие Н.Ф. Колегова, М.А. Щербакова и др. Основной задачей являлась разработка методов создания географической лесосеменной прививочной плантации кедра сибирского в условиях Сибири, изучение и выделение наиболее быстрорастущих, жизнестойких и урожайных клонов кедра, проведение на созданных прививочных участках контролируемых скрещиваний с целью отбора популяций и климатипов, наиболее перспективных для производства гибридных семян. Прививки кедра, произрастающего на плантации, выполнялись черенками деревьев, полученных из разных географических зон произрастания кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour L). Были получены также черенки кедра европейского (*Pinus cembra* L.) – из Карпатской ЛОС Украины (Иваново-Франковск, Усть-Чернянский лесхоз). В качестве подвоя использовалась сосна обыкновенная в возрасте 7–10 лет как местный хорошо растущий и адаптированный к условиям региона вид.

Клоновая плантация, концентрирующая генофонд инорайонных популяций, явилась ценным объектом изучения роста, биологии цветения, семеношения, адаптации кедровых сосен в условиях красноярской лесостепи.

Рост. На прививочной плантации были отобраны наиболее перспективные клоны, выделяющиеся по высоте, а также по диаметру ствола и кроны. Такие клоны с высотами от 9 до 10 м, диаметрами от 18 до 22 см выявлены в равнинных и таежных популяциях кедра сибирского из Красноярского края (Козульское, Маганское, Енисейское лесничества), Тюменской области (Сургутское, Вагайское лесничества), Новосибирской области (Кыштовское лесничество), а также в низкогорных популяциях из Красноярского края (Ермаковское лесничество), Иркутской области (Черемховское лесничество) и южной горной популяции Хакасии (Копьевское лесничество).

Семеношение. Характер семеношения на прививочной плантации отражает географические и индивидуальные особенности маточных деревьев. Самые низкие показатели семеношения наблюдались у прививок кедра сибирского, полученных из южных районов ареала, лучшие – из зоны оптимума: Западного Саяна, Горного Алтая и Зауралья. Среди 30-летних прививок кедра сибирского выделены клоны с постоянным урожаем в многолетнем цикле, представляющие некоторые популяции Красноярского края, Тюменской и Восточно-Казахстанской областей. Отсутствие шишек на прививках кедра в неурожайные годы можно объяснить сочетанием неблагоприятных факторов среды, отрицательно повлиявших на закладку генеративных почек. Выявлена генетическая обусловленность некоторых показателей шишек и семян (длина шишек, масса 1000 шт. и полиэмбриония семян).

Опыление. Опыление представляет собой важный фактор, лимитирующий урожай семян. Причиной недостаточного опыления могут быть как ограниченное количество пыльцы, так и ее пониженная жизнеспособность. В связи с этим на прививочной плантации кедра сибирского была изучена количественная и качественная сторона цветения мужских генеративных органов. Пыльцевая продуктивность привоев различных климатипов кедра неодинакова и обусловлена количеством микростробилов на дереве и генетически закрепленной реакцией материнских деревьев на новые условия. На прививочной плантации кедра в многолетнем цикле наблюдаются благоприятные и неблагоприятные годы для формирования пыльцы в зависимости от абиотических факторов среды. Исследования жизнеспособности пыльцы имеющихся клонов кедровых сосен на прививочной плантации выявили, что клоны продуцируют жизнеспособную пыльцу (от 40 до 80%) и не обнаруживают существенных различий в зависимости от мест произрастания материнских деревьев. В большей степени наблюдается индивидуальная изменчивость всхожести пыльцы деревьев по годам в зависимости от внешних факторов и генотипа дерева. Имеющаяся коллекция клонов кедра сибирского и кедра европейского позволила также изучить жизнеспособность пыльцы после хранения в эксикаторе над хлористым кальцием при температуре 8 °С от 1 года до 5 лет. Выявлено, что жизнеспособность пыльцы клонов кедровых сосен сохраняется высокой только после 1 года хранения. Такую пыльцу можно использовать в работах по гибридизации и доопылению молодых деревьев на семенных плантациях кедра сибирского.

Фенология. Многолетние фенологические наблюдения за большим количеством клонов, пред-

ставленных на плантации, позволили выявить особенности их роста в зависимости от географического происхождения. Фенологические наблюдения за прививками кедрового дерева разного географического происхождения выявили различия в фазах их развития. Первыми начинают рост привои кедрового дерева из Эвенкии (Байкит, 61° 40' с. ш.), затем, через 4–5 дней, – привои из Енисейска (58° 26' с. ш.) и привои местного происхождения, Емельяновский климатип (56° 12' с. ш.). Вслед за ними удлинение почек наступает у привоев кедрового дерева, полученных из равнинных и низкогорных популяций средних широт, а потом и из среднегорных. Позднее всех начинают рост привои кедрового дерева европейского из Карпат (48° 30' с. ш.). В зависимости от погодных условий разница в датах начала вегетации между отдельными климатипами колеблется от 2 до 16 дней. Начало и продолжительность вегетации обусловлены метеорологическими условиями, показателями континентальности климата мест произрастания маточных деревьев и наследственными особенностями вида. Прекращение роста побегов прививок кедрового дерева наступает в такой же последовательности – первыми заканчивают рост климатипы кедрового дерева сибирского из северных и горных районов его ареала, последним – кедр европейский из Карпат. Весь ритм развития и длительность периода вегетации у климатипов носят наследственный характер и отличаются тем больше, чем значительнее разница между условиями температурного режима в районе происхождения черенков и условиями места их выращивания. Изменчивость рамок клона с наступлением вегетации и сезонного прироста отсутствует или очень низка.

Несовместимость. Наблюдения за прививками кедрового дерева сибирского и кедрового дерева европейского обыкновенного показали положительный эффект влияния подвоя сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на прививку: это отразилось на скорости роста и устойчивости прививки в данных условиях. При прививке сосны стимулирует рост кедровых сосен до определенного возраста. В возрасте 20–40 лет у подвоя сосны в зависимости от обусловленного ритма роста начинается снижение его активности, в то время как привой кедрового дерева еще активно растет. В результате проявляется несовместимость компонентов прививки. Разный ритм роста компонентов прививки является одной из причин их несовместимости и гибели. Нашими исследованиями на прививочной плантации выявлено, что прививки кедрового дерева на сосне недолговечны и со временем отмирают. Сохранность прививок в 35-летнем возрасте составляла 18–95%. Поскольку характер срастания прививки кедрового дерева на сосну обусловлен генотипически (каждый компонент прививки сохраняет свой ритм роста и развития), при гетеропластических прививках возможен подбор компонентов прививки с одинаковым ритмом роста и одновременным прохождением вегетационных фаз. Выявлены видовые различия роста и совместимости кедровых сосен на подвое сосны обыкновенной. Если у гетеропластических прививок кедрового дерева сибирского несовместимость проявляется уже в возрасте 25 лет, то у кедрового дерева европейского только после 40 лет наблюдается небольшое постепенное увеличение несовпадения приростов по диаметру подвоя и привоя. Такая разница радиальных приростов по диаметру у компонентов прививки с возрастом проявляется еще больше.

Для выявления причин несовместимости был проведен анализ радиального роста и климатического отклика гетеропластических прививок кедрового дерева сибирского и прививок кедрового дерева европейского, привитых на подвое сосны обыкновенной. Выявлено, что радиальный прирост у прививок кедрового дерева сибирского по сравнению с кедром европейским на 23% выше, что является следствием его видовых особенностей. Также выявлено, что радиальный прирост подвоя сосны обыкновенной зависит от вида привоя. Так, радиальный прирост подвоя сосны обыкновенной у прививок кедрового дерева сибирского выше прироста контрольных непривитых деревьев на 15–20%, в то время как радиальный прирост подвоя сосны обыкновенной у кедрового дерева европейского на 10% меньше, чем у контрольных непривитых деревьев, что можно рассматривать как результат влияния привоя. Анализ климатического отклика привоя и подвоя показывает, что их реакция на температуру воздуха идентична реакции контрольных деревьев (положительная связь с температурой апреля).

Заключение. Изучение роста и репродуктивной деятельности 30–45-летних прививок кедровых сосен в красноярской лесостепи, черенки для которых были взяты в природных популяциях их ареала, подтвердило, что созданная коллекция клонов дает всестороннюю информацию о материнских деревьях, необходимую для их оценки. В пределах вида показана значительная дифференциация роста, формирования макро- и микростробиллов у клонов кедрового дерева сибирского, установлено различие видов кедровых сосен по фенологии, длине хвои и охвоенности побегов, несовместимости прививаемых компонентов.

Исследования прививок кедрового дерева европейского в красноярской лесостепи с резко континентальным климатом показали, что 45-летние прививки кедрового дерева европейского из Карпат в новых условиях произрастания не уступают по показателям роста и развития прививкам кедрового дерева сибирского из местных популяций. Эти данные свидетельствуют о высокой норме адаптации кедрового дерева европейского.

ОТБОР ПЕРСПЕКТИВНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЭКОТИПОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ В СИБИРИ

С.Р. КУЗЬМИН, Н.А. КУЗЬМИНА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (skr_7@mail.ru, kuz@ksc.krasn.ru)

THE SELECTION OF PERSPECTIVE SCOTS PINE CLIMATIC ECOTYPES IN THE PROVENANCE TRIAL IN SIBERIA

S.R. KUZMIN, N.A. KUZMINA

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (skr_7@mail.ru, kuz@ksc.krasn.ru)

Одним из основных способов установления генетической ценности селекционного материала хвойных видов является испытание семенного потомства в географических и испытательных культурах. Эффективным методом лесной селекции сосны на быстроту роста и устойчивость к грибным патогенам является прямой отбор перспективных климатических экотипов. Улучшенный селекционный материал сосны должен отвечать следующим основным критериям: высокая стволовая продуктивность, устойчивость к грибным болезням, достаточная воспроизводимость, хорошая форма ствола и высокое качество древесины. Правильный выбор географического происхождения для выращивания в конкретных лесорастительных условиях позволяет повысить продуктивность культур на 20–30%. С увеличением возраста географических и испытательных культур объективность отбора возрастает. При формировании сортового идеала необходимо учитывать экологические особенности региона и лесохозяйственное применение перспективных климатических экотипов.

Объектом исследования являются географические культуры сосны обыкновенной, созданные в южнотаежной зоне Красноярского края, в Богучанском лесничестве, в 1976–1977 гг. Цель работы: анализ динамики роста климатических экотипов сосны обыкновенной в высоту в возрасте 35–37 лет и отбор перспективных климатических экотипов кандидатами в сорта-популяции. Исследовались 84 климатических экотипа, выращиваемых в разных почвенных и лесорастительных условиях, на дерново-подзолистой песчаной (тип леса – сосняк бруснично-толокнянковый) и темно-серой лесной суглинистой (сосняк разнотравный) почвах.

Регулярный многолетний мониторинг фитопатологического состояния географических культур выявил климатические экотипы с разной степенью устойчивости к грибным патогенам, вызвавшим заболевания: у 2-летних сеянцев на питомнике – шютте обыкновенное, у 8-летних и 24-летних деревьев в культурах на участке с песчаной почвой – снежное шютте и ценангиевый некроз. В период эпифитотий были выявлены климатические экотипы с хорошей сопротивляемостью этим болезням и климатические экотипы со слабой сопротивляемостью [5], у которых доля пораженных деревьев, например, ценангиевым некрозом составляла более 50%.

Заболевание, вызванное ценангиевым некрозом, оказало существенное влияние на рост в высоту и в диаметре у деревьев неустойчивых климатических экотипов сосны. У неустойчивых к патогену климатических экотипов отмечается спад в радиальном приросте с первого года заболевания и по окончании болезни (в течение 5 лет), более длительное влияние отмечается на рост в высоту. Предварительные выводы по отбору перспективных климатических экотипов, сделанные до заболевания, корректировались в 25–35 летнем возрасте географических культур.

Исследование морфолого-анатомических показателей хвои у устойчивых и неустойчивых климатических экотипов выявили существенные различия между ними. Устойчивые к грибным патогенам климатические экотипы сосны имеют короткую хвою с меньшим числом устьиц и большей продолжительностью жизни в сравнении с неустойчивыми [3].

В результате анализа роста в высоту были выделены быстрорастущие, медленно растущие и средние по высоте климатические экотипы. К быстрорастущим относятся потомства сосны из среднепродуктивных насаждений Сибири и средней и южной тайги в европейской части России, их средняя высота больше средней высоты на участке на 0,6–2,5 стандартного отклонения (σ), или на 25 % средней высоты контроля. Климатические экотипы сосны средней группы имеют параметры высоты в пределах 0,5 σ от среднего значения на участке. Из 84 климатических экотипов, тестируемых на участке с песчаной почвой, 35 имеют высокий рост, но только 18 из них в связи с хорошей устойчивостью к патогенам являются перспективными для отбора кандидатами в сорта-популяции.

Рост и состояние географических культур на темно-серой лесной суглинистой почве значительно отличается от роста культур на песчаной почве. Климатические экотипы на суглинистой почве на 150% превосходят среднюю высоту одноименных климатических экотипов на песчаной почве. Группу перспективных на суглинистой почве составляют 16 климатических экотипов. Преимущество в росте в высоту относительно контроля у них достига-

ет 15%, превышение средней высоты на участке варьирует от 0,1 до 2,0 σ . Кроме высокого роста, перспективные климатипы отличаются хорошей устойчивостью к патогенам и удовлетворительной формой ствола.

Анализ динамики роста и рангового положения климатипов на песчаной и суглинистой почвах за 35-летний период выявил, что ранговое положение исследуемых климатипов в разные возрастные периоды меняется в связи с их генетическими особенностями и разной реакцией на изменение экологических факторов. Так, на участке с песчаной почвой в первые 10–15 лет часть перспективных климатипов отставала по росту в высоту от контрольного варианта, а в последние 20 лет интенсивность их роста значительно увеличилась. В 37 лет по средней высоте у них отмечается значительное превосходство над контролем.

Таким образом, рост сосны обыкновенной в географических культурах в пункте испытания зависит в первую очередь от почвенных и лесорастительных условий экспериментальных участков. В пределах каждого участка дифференциация сосны по росту обусловлена генетическими особенностями климатических экотипов, сформированными под действием экологических факторов в местах происхождения, и разной реакцией на экологические факторы в пункте испытания. Так, анализ корреляционных связей роста в высоту сосны с климатическими факторами места происхождения выявил значительные отрицательные связи с осадками за вегетационный период $r = -0,45$ ($p < 0,001$), суммой температур более 10 градусов $r = -0,30$ ($p < 0,01$) и длиной активного вегетационного периода (число дней с температурой выше 10 °C) $r = -0,31$ ($p < 0,01$). Разная реакция на экологические факторы у климатипов сосны в пункте испытания проявляется в неодинаковой требовательности к климатическим факторам в течение вегетационного периода, а также в разной восприимчивости к грибным патогенам. Эпифитотия, вызванная цангиевым некрозом в 24-летнем возрасте, остановила рост в высоту и в диаметре у климатипов сосны из южных, западных и центральных регионов ареала, имеющих сильную степень повреждения хвои и почек [2].

В разных насаждениях деревья имеют определенную стратегию роста. В естественном насаждении сосны это связано в основном с плотностью стояния деревьев [1]; в пределах одного участка географических культур при одинаковых полноте и экологических условиях лимитирующим фактором являются наследственные особенности потомств сосны. Так, исследование динамики годовых приростов в высоту у климатипов сосны с одинаковой густотой деревьев на 1 га на участке с суглинистой почвой [4] показал, что у сосны из южных регионов ареала формирование максимальных приростов наступает на 5–8 лет раньше, чем у сосны из северных регионов. Аналогичная картина отмечается по радиальному приросту. Максимальный рост в диаметре у северных климатипов формируется на 4 года позднее, чем у южных. Причем северные климатипы способны формировать максимальный радиальный прирост в течение относительно длительного времени (от 3 до 7 лет) по сравнению с южными (до 3 лет), у которых затем отмечается снижение прироста.

Анализ роста географических культур сосны в высоту в возрасте 35–37 лет на участках с разными почвенными условиями в среднем на 75–80% подтвердил объективность отбора перспективных климатипов в возрасте 25 лет.

Результаты анализа динамики годовых приростов в высоту, а также длительный фитопатологический мониторинг подтверждают, что объективные выводы по отбору перспективных климатипов возможны только после достижения географическими культурами II класса возраста или, как требуют программа и методика исследований географических культур, с наступлением $\frac{1}{2}$ возраста рубки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бузыкин А.И., Пиеничникова Л.С., Суховольский В.Г. Густота и продуктивность древесных ценозов. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 2002. 152 с.
2. Кузьмин С.Р. Динамика радиального роста сосны обыкновенной в географических культурах на дерново-подзолистой песчаной почве // Хвойные бореальной зоны, 2012, т. XXX, № 1–2. С. 106–110.
3. Кузьмин С.Р., Кузьмина Н.А. Морфологические особенности хвои у сосны обыкновенной с разной устойчивостью к грибным болезням // Экология, 2015, № 2. С. 156–160.
4. Кузьмин С.Р., Кузьмина Н.А., Ваганов Е.А. Динамика роста сосны обыкновенной в географических культурах // Лесоведение, 2013, № 1. С. 30–38.
5. Кузьмина Н.А., Кузьмин С.Р. Устойчивость сосны обыкновенной разного происхождения к грибным патогенам в географических культурах Приангарья // Хвойные бореальной зоны, 2007, т. XXIV, № 4–5. С. 454–460.

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа выполнена при поддержке РФФИ (№ 14-04-31366, № 15-44-04132, 16-05-00496), государственной поддержке ведущих научных школ (НШ-3297.2014.4).

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОЦЕНКИ ПИРОГЕННОЙ ЭМИССИИ УГЛЕРОДА В ЛЕСАХ СИБИРИ

Е.А. КУКАВСКАЯ¹, С.Г. КОНАРД², Л.В. БУРЯК³, Г.А. ИВАНОВА¹, С.В. ЖИЛА¹, О.П. КАЛЕНСКАЯ³, Д.С. ЗАРУБИН³

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (kukavskaya@ksc.krasn.ru)

²Лесная служба США, Мизула, Монтана, США

³Сибирский государственный технологический университет, Красноярск

IMPROVEMENT OF PYROGENIC CARBON EMISSIONS ASSESSMENT IN THE FORESTS OF SIBERIA

E.A. KUKAVSKAYA¹, S.G. CONARD², L.V. BURYAK³, G.A. IVANOVA¹, S.V. ZHILA¹, O.P. KALENSKAYA³, D.S. ZARUBIN³

¹V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (kukavskaya@ksc.krasn.ru)

²USDA Forest Service, Missoula, Montana, USA

³Siberian State Technological University, Krasnoyarsk

Пожары являются одним из главных естественных факторов, вызывающих закономерную смену растительности и оказывающих существенное воздействие на структуру лесов, их биомассу и цикл углерода [3]. При пожарах в атмосферу ежегодно выделяется 1,6–2,8 ГтС, что составляет 25–30% техногенной эмиссии углекислоты [10]. Согласно глобальным климатическим моделям, в конце XXI в. температура поверхности Земли увеличится на 0,3–4,8 °С в сравнении с периодом 1986–2005 гг., при этом наибольший рост прогнозируется на территории Северной Евразии [5]. При изменении климата в бореальных лесах ожидается увеличение частоты пожаров, площади, пройденной огнем, и интенсивности горения, а также возрастание количества экстремальных пожаров и пожаров от молний [4]. Все это приведет к росту пирогенной эмиссии углерода. В настоящее время эмиссия углерода при пожарах на территории России, по разным источникам, составляет от 5 до 500 МтС в год [7]. Данная вариабельность оценок обусловлена применением различных методик, алгоритмов, баз данных и использованием косвенных признаков и допущений при расчете эмиссии углерода. Наиболее важным источником ошибок при оценке пожарных эмиссий в бореальных лесах остается неизученность запасов комплекса горючих материалов и полноты их сгорания в зависимости от погодных и природных условий [7, 9]. Сосновые и лиственные насаждения зеленомошной группы типов леса являются наиболее изученными в данном аспекте [1, 6, 8], в то время как исследования в других типах леса или на категориях иных земель практически не проводились. В связи с этим возникла насущная потребность в дополнении имеющихся сведений по количеству сгорающего органического вещества и эмиссии углерода, получении новых оценок и моделей для различных лесорастительных условий с учетом метеорологических факторов и антропогенного воздействия на лесные экосистемы Сибири.

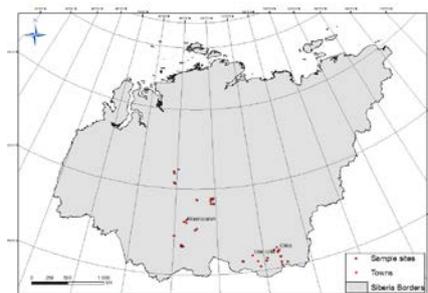


Рис. 1. Расположение пробных площадей на территории Сибири

Мы провели обследование ряда нарушенных пожарами участков Сибири с целью определения полноты сгорания запасов горючих материалов в широком диапазоне условий горения и типов леса. Комплексная методика проведения наземных исследований включала определение лесоводственно-таксационных характеристик насаждений, геоботаническое и лесопирологическое описание. Описание участков, таксация древостоев, отбор образцов при полевых работах и последующая обработка и анализ отобранных материалов проводились с использованием общепринятых в практике лесоведения, лесной таксации и пирологии российских и зарубежных методик. Исследования были проведены в Красноярском и Забайкальском краях, республиках Хакасия и Бурятия, которые являются наиболее горимыми регионами в Сибири (рис. 1). Были обследованы разные зоны, характеризующиеся различными климатическими условиями, которые оказывают влияние на лесоводственно-таксационные характеристики насаждений, структуру и запасы лесных горючих материалов, а также поведение пожаров: средняя и южная тайга, лесостепь, горные леса.

В ходе исследований выявлено, что эмиссия углерода в светлохвойных насаждениях Средней Сибири варьируется от 1,3 до 13,0 тС/га (рис. 2). Данные значения хорошо коррелируют с экспериментальными данными по выходу углерода, полученными при проведении контролируемых выжиганий в насаждениях средней и южной тайги, где эмиссия углерода составила от 1,5 до 15,9 тС/га в зависимости от интенсивности горения [1, 6, 8]. Наибольшее количество углерода (до 95%) выделилось при сгорании

мхов, лишайников и подстилки. Выход углерода на участках лесных земель, пройденных сплошными рубками, составил 7,5–40,9 тС/га, что в 1,5–5 раз превышает эмиссию углерода при пожарах в насаждениях такого же типа леса и при одинаковых погодных условиях. На вырубках на сгоревшие порубочные остатки приходится от 50 до 80% от общей эмиссии.

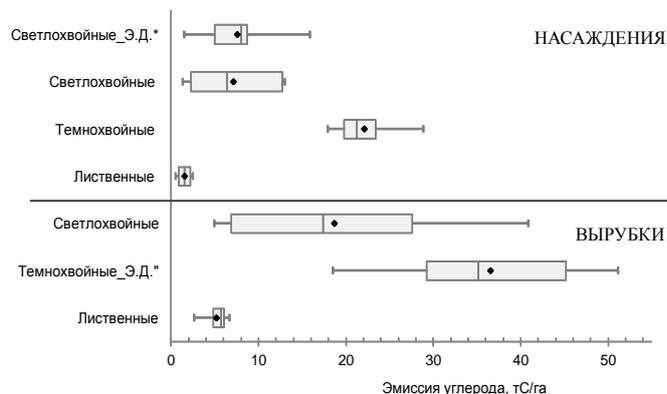


Рис. 2. Эмиссия углерода в различных насаждениях и на вырубках Средней Сибири. Прямоугольник показывает нижний и верхний квартили; линии за пределами прямоугольника – минимальное и максимальное значения; линия внутри прямоугольника – медиана; точка – среднее значение. Примечание: * – экспериментальные данные по [1, 6, 8]; " – экспериментальные данные по [2]

основной вклад в эмиссию углерода вносят древовидные кроны, в то время как на органическое вещество на поверхности почвы приходится не более 30%.

Эмиссия углерода при пожарах в березовых и березово-осиновых разнотравных насаждениях составила 0,5–2,5 тС/га. Меньшая эмиссия углерода в лиственных насаждениях по сравнению с выходом углерода в светлохвойных и темнохвойных лесах обусловлена небольшим запасом горючих материалов в данных типах леса, а также преобладанием беглых весенних пожаров, при которых сгорает незначительное количество горючих материалов. При пожарах в лиственных насаждениях, пройденных несплошными рубками, выход углерода увеличился до 6,7 тС/га, что в 3–5 раз больше, чем эмиссия углерода в насаждениях. При этом доля порубочных остатков в общем объеме выделившегося углерода возросла с 3 до 20%.

Таким образом, эмиссия углерода может существенно варьироваться в зависимости от лесорастительных и метеорологических условий, а также лесохозяйственной деятельности человека. Данные, полученные в ходе проведения наших исследований, необходимы для усовершенствования методики расчета эмиссий на территории РФ и проектирования стратегий пожароуправления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кукавская Е.А., Иванова Г.А. Воздействие лесных пожаров на биомассу сосновых насаждений Средней Сибири // Вестник КрасГАУ, 2006, 12. С. 156–162.
2. Технологии контролируемых выжиганий в лесах Сибири / Э.Н. Валендик, С.В. Верховец, Е.К. Кисляхов и др. Красноярск: Сиб. федер. ун-т., 2011. 159 с.
3. Фуряев В.В. Роль пожаров в процессе лесообразования. Новосибирск: Наука, 1996. 253 с.
4. Flannigan M.D., Krawchuk M.A., de Groot W.J. et al. Implications of changing climate for global wildland fire // International Journal of Wildland Fire, 2009, 18: 483–507.
5. IPCC 2013: Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (eds. T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner et al.). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press. 1535 p.
6. Ivanova G A., Conard S.G., Kukavskaya E.A. et al. Fire impact on carbon storage in light conifer forests of the Lower Angara region, Siberia // Environmental Research Letters, 2011, 6: 045203.
7. Kukavskaya E.A., Soja A.J., Petkov A.P. et al. Fire emissions estimates in Siberia: Evaluation of uncertainties in area burned, land cover, and fuel consumption // Canadian journal of forest research, 2013, 43 (5): 493–506.
8. McRae D.J., Conard S.G., Ivanova G.A. et al. Variability of fire behavior, fire effects, and emissions in Scotch Pine forests of central Siberia // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 2006, 11 (1): 45–74.
9. Soja A.J., Cofer W.R., Shugart H.H. et al. Estimating fire emissions and disparities in boreal Siberia (1998 through 2002) // Journal of Geophysical Research, 2004, 109 (D14): D14S06.
10. Van Der Werf G.R., Randerson J.T., Giglio L. et al. Global fire emissions and the contribution of deforestation, savanna, forest, agricultural, and peat fires (1997-2009) // Atmospheric Chemistry and Physics, 2010, 10: 11707–11735.

Запасы напочвенного покрова в длительно не горевших зеленомошных и долгомошных темнохвойных насаждениях существенно превышают таковые в светлохвойных лесах. В связи с этим количество сгорающего органического вещества, а, следовательно, и эмиссия углерода в данных типах леса в 2 и более раза превышает выход углерода при пожарах в сосновых и лиственных насаждениях зеленомошной группы типов леса средней и южной тайги Средней Сибири. На обследованных нами участках в темнохвойных насаждениях с преобладанием кедра и участием в составе древостоя ели, пихты и лиственницы выход углерода при пожарах достигал 28,9 тС/га (рис. 2). Согласно литературным данным, при пожарах на вырубках в темнохвойных насаждениях эмиссия углерода варьируется от 22,0 до 51,2 тС/га [2].

В насаждениях кедрового стланика

БЛАГОДАРНОСТИ. Исследования проведены при поддержке грантов Президента РФ (МК-4646.2015.5), РФФИ (15-04-06567) и проектов НАСА.

КАЧЕСТВО ПЫЛЬЦЫ И СЕМЯН СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРЭС

С.Г. МАХНЕВА

Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург (makhniovasg@mail.ru)

SCOTS PINE POLLEN AND SEEDS QUALITY UNDER TECHNOGENIC POLLUTION POWER OF PLANT

S.G. MAKHNIOVA

Botanical garden UD RAS, Yekaterinburg (makhniovasg@mail.ru)

Существенный вклад в загрязнение окружающей среды вносит тепловая энергетика. По данным на 2014 г., Рефтинская ГРЭС – самая крупная ГРЭС России, работающая на угле, – ежегодно выбрасывает на золоотвал более 4 млн т золы и шлака, в атмосферу поступает 315,4 тыс. т загрязняющих веществ в год [2].

Большую часть дымовых выбросов Рефтинской ГРЭС принимают на себя окрестные леса. В литературе малочисленны сведения о влиянии атмосферного загрязнения ГРЭС на репродукцию хвойных растений. В 2013–2014 гг. нами были начаты исследования репродукции сосны обыкновенной в градиенте техногенного загрязнения. Цель данной работы – диагностика качества пыльцы и семян сосны обыкновенной, сформированных в древостоях, подверженных на протяжении онтогенеза воздействию эмиссий Рефтинской ГРЭС.

Исследования проводили на пробных площадях (ПП) в древостоях 2-го класса возраста, произрастающих на удалении 1,5–2,0 км (ПП-1), 5 км (ПП-2), 9 км (ПП-3), 15 км (ПП-4) от источника техногенного загрязнения в юго-восточном направлении. Древостой на удалении 1,5–2,0 км (ПП-1) представляет собой культуры сосны обыкновенной, сформированные в 1992 г. на золоотвале № 1 Рефтинской ГРЭС [4]. Пробные площади 2, 3 и 4 были заложены в естественных древостоях сосны в сравнимых с ПП-1 условиях экотопа. Исследования проведены с помощью микроскопа AxioScope и климатической камеры Sanyo MLR-351H. Микроскопию пыльцы и пыльцевых трубок проводили с использованием традиционных методов, модифицированных нами для изучаемого объекта [5, 7]. Достоверность различий между ПП определяли по критериям Стьюдента и Манна – Уитни; для анализа результатов использовали дискриптивную статистику и корреляционный анализ (пакет программ Statistica).

Установлено, что пыльца древостоя ПП-4 (условный фон) характеризуется относительно более высокими по сравнению с другими ПП значениями показателей фертильности пыльцы и жизнеспособности пыльцевых трубок, содержания запасных веществ и низкими значениями показателя прорастания пыльцы (рис. 1). Выявлено, что пыльца деревьев сосны, произрастающих на золоотвале и на удалении 15 км, имеет высокое сходство по цитоморфологическим и функциональным показателям. Различия между указанными древостоями установлены по частоте аномальной пыльцы: на ПП-1 частота мелких пыльцевых зерен выше в 4,5 раза, с цитологическими нарушениями – в 3,7 раза, дегенерированных (имеющих цитологические и морфологические нарушения) – в 3,6 раза, чем на ПП-4 (рис. 2).

Приведенные данные свидетельствуют о существенных различиях качества пыльцы древостоя на удалении 9 км (ПП-3) от источника аэрополлютантов с качеством пыльцы других древостоев. Для пыльцы ПП-3 выявлены меньшие значения показателей фертильности и содержания запасных веществ, лучшие – прорастания пыльцы, жизнеспособности пыльцевой трубки. В спектре аномалий пыльцы ПП-3 доминируют пыльцевые зерна с цитологическими нарушениями (рис. 2). Их частота превышает в 2,8–16,3 раза частоту пыльцевых зерен с аналогичными нарушениями на других ПП. Различия между ПП-3 и другими древостоями по многим показателям качества пыльцы достоверно значимы ($p < 0,05$). Тем не менее при меньшей частоте фертильной пыльцы, снижении в 1,8 раза доли пыльцы с высоким содержанием крахмала фертильная пыльца ПП-3 имеет высокие значения показателей прорастания и жизнеспособности пыльцевой трубки.

Качество семян и проростков семян оценивали по показателям всхожести, массы семян, числа семядолей проростка, длины проростка и его элементов и их соотношению на 15-й день опыта. При попарном сравнении ПП методом Манна – Уитни были установлены достоверные различия ($p < 0,05$) между ПП-1 и ПП-2 по длине семядолей; между ПП-1 и ПП-4 – по длине семядолей, всхожести семян и коэффициентам, характеризующим отношение длины стебля к длине проростка и корня; между ПП-2 и ПП-4 – по значению коэффициента, характеризующего отношение длины стебля к длине проростка.

Таким образом, с удалением от источника техногенного загрязнения закономерно снижаются значения показателей содержания крахмала (2 и более балла) в пыльце ($r = -0,28$, $p < 0,05$), ветвления пыльцевой трубки ($r = -0,39$, $p < 0,05$), частоты мелких пыльцевых зерен ($r = -0,98$, $p < 0,05$); возрастает значение показателя всхожести семян; снижается значение показателей, характеризующих отношения длины гипокотили к длине корня и проростка.

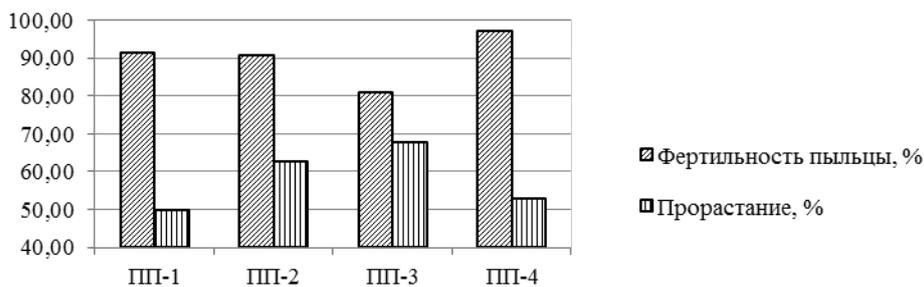


Рис. 1. Фертильности и прорастание пыльцы сосны

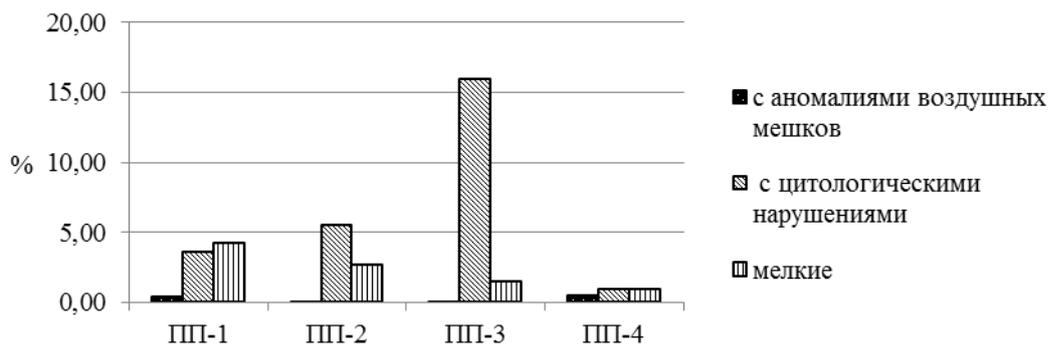


Рис. 2. Частота пыльцевых зерен с разными типами аномалий

Взаимосвязь между значениями многих изучаемых нами показателей пыльцы и семян и расстоянием от источника аэрополлютантов носит нелинейный характер. Возможные причины – отсутствие прямого влияния поллютантов на генеративную систему, отсутствие градиента техногенного загрязнения для веществ дымовых газов. Согласно литературным данным, тяжелые вещества аэрополлютантов оседают на ближайших к источнику выбросов территориях, создавая градиент загрязнения [3]. На территориях, прилегающих к ГРЭС, в отдельных пробах почвы и золы выявлено повышенное содержание радионуклидов [1]. Однако следует учитывать также, что субмикронные частицы дымовых газов, обогащенные тяжелыми металлами и органическими веществами в подвижной форме, находятся в атмосфере большее время и переносятся на большие расстояния от источника, чем микронные частицы, и накапливаются в снеговом покрове, почве, растительности в виде подвижных водорастворимых форм [3, 6]. Требуют дальнейшего изучения закономерности распределения аэрополлютантов в окрестностях мощных источников техногенного загрязнения, их накопление в компонентах экосистем и влияние на репродукцию растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брюхань А.Ф. Радиационное загрязнение территорий, прилегающих к угольным ТЭС // Инженерные изыскания, 2010, 10. С. 48–50.
2. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Свердловской области в 2014 г. Екатеринбург, 2015. 200 с.
3. Гришанцева Е.С., Сафронова Н.С., Кирпичникова Н.В. Влияние атмосферных выбросов Конаковской ГРЭС на состояние снегового покрова района Ивановского водохранилища // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология, 2012, 2. С. 135–142.
4. Махнев А.К., Чибрик Т.С., Трубина М.Р. и др. Экологические основы и методы биологической рекультивации золоотвалов тепловых электростанций на Урале. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 356 с.
5. Махнева С.Г., Бабушкина Л.Г., Зуева Г.В. Состояние мужской генеративной системы сосны обыкновенной при техногенном загрязнении среды. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. ун-та им. А.М. Горького, 2003. 152 с.
6. Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Мирошниченко Н.Н., Фатеев А.И., Манджиева С.С., Чаплыгин В.А. Накопление и распределение тяжелых металлов в растениях зоны техногенеза // Агрехимия, 2013, 9. С. 65–75.
7. Практикум по цитологии растений. М.: Агропромиздат, 1988. 271 с.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ РИСКОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УССУРИЙСКОГО ПОЛИГРАФА В РАЙОНАХ ИНВАЗИИ

М.А. МЕЛЬНИК, Е.С. ВОЛКОВА, С.А. КРИВЕЦ

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск (melnik-m-a@yandex.ru)

CONCEPTUAL APPROACHES IN ASSESSING RISKS OF FOUR-EYED FIR BARK BEETLE EXPANSION IN AREAS OF INVASION

M.A. MELNIK, E.S. VOLKOVA, S.A. KRIVETS

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk (melnik-m-a@yandex.ru)

В последнее десятилетие в пихтовых лесах Южной Сибири выявлен новый фактор риска, способный нанести значительный ущерб лесопользованию, – проникший с территории Дальнего Востока стволовый вредитель пихты сибирской уссурийский полиграф *Polygraphus proximus* Blandf. Инвайдер широко распространился и вызывает усыхание пихтовых лесов в Красноярском крае, Кемеровской, Томской, Новосибирской областях, Алтайском крае и Республике Алтай [3].

Экономические последствия инвазии уссурийского полиграфа проявляются не только в традиционном лесопользовании при потере древесины, но и при утрате сырья для производства уникальных медицинских препаратов на основе экстрактов пихты. Вспышки массового размножения уссурийского полиграфа оказывают негативные воздействия на экологические, средообразующие и защитные функции леса: происходит снижение естественного биологического разнообразия, продуктивности лесов, изменение состава и структуры древесного и подчиненных ярусов. Общие потери от деятельности этого инвайдера в настоящее время совершенно не поддаются количественной оценке из-за отсутствия как соответствующих методик, так и полных данных о вредителе.

Целью данного исследования является разработка общих подходов к анализу рисков лесопользования, связанных с распространением уссурийского полиграфа в пихтовых лесах Южной Сибири. Термин «риск» неотъемлемо объединяет два понятия: «вероятность опасности» и «ущерб» [1]. Под риском от инвазии уссурийского полиграфа мы будем понимать степень опасности его распространения в пихтовых насаждениях в совокупности с прямым ущербом, связанным с деградацией сырьевых функций древостоя.

В ходе исследования возникает необходимость разделить подходы к оценкам рисков распространения вредителя на две группы: для очагов массового размножения предлагается методика, предусматривающая краткосрочный прогноз на ближайшее будущее; для неповрежденных пихтовых лесов анализ имеет вероятностный характер и дает прогноз на перспективу.

Выявление закономерностей в изменении площади очагов массового размножения уссурийского полиграфа и направления их распространения – сложная многофакторная задача, требующая максимальной ежегодной информации, в первую очередь, о динамике развития очага, погодных условиях, состоянии насаждения. Необходимо использовать полный комплекс фактических данных, таких как данные региональных центров защиты леса, космо- и аэрофотоснимки территории, данные натурных наблюдений. В первом приближении мы предполагаем, что скорость изменения площади очага (распространения очага) для каждого насаждения будет различной и получит функциональную зависимость от доли пихты в древостое, средневзвешенной категории состояния деревьев в насаждении и погодных условий в период активного размножения вредителя. При этом первый показатель является постоянным, а второй и третий изменяются. Изменение площади очага подчиняется логистической зависимости и может быть описано формулой (1)

$$\frac{dS}{dt} = r(P_f, WCS, O_w) \cdot S \cdot \left(\frac{K-S}{K}\right), \quad (1)$$

где S – площадь очага, га; t – время, год; K – площадь насаждения, га; r – параметр, характеризующий скорость изменения площади очага; P_f – доля пихты в насаждении; WCS – средневзвешенная категория состояния деревьев; O_w – показатель погодного оптимума в период активного размножения вредителя.

В наших исследованиях за погодный оптимум для распространения вредителя взяты два условия: средняя температура в дневное время суток более $+15^\circ\text{C}$ и отсутствие в это время осадков, при этом O_w – балльный показатель, который характеризует количество дней в мае и июне, отвечающее этим условиям. Предварительный анализ, сделанный для Томской области, показал, что территориальная дифференциация погодного оптимума незначительна, но большие различия наблюдаются по годам.

В настоящее время ведутся исследования по вычислению параметров скорости изменения площади очагов в южной части Томской области (для Ларинского заказника и Межениновского участкового лесничества Томского лесничества).

Для оценки степени опасности заселения уссурийским полиграфом неповрежденных пихтовых лесов необходимо ввести и количественно описать дополнительные природные и антропогенные факторы, способствующие его распространению и увеличению плотности популяции вредителя.

Процедура комплексной оценки опасности возможного распространения (ОВР) состоит из двух этапов: 1) определение балльного значения (от 0 до 3) по каждому фактору ОВР в зависимости от степени интенсивности его проявления; 2) установление значимости каждого показателя ОВР по результатам экспертных оценок в виде весовых коэффициентов в интервале [0; 1] при сумме всех коэффициентов, равной 1 (формула 2):

$$NF = 0,20N_1 + 0,20N_2 + 0,20N_3 + 0,20N_4 + 0,06N_5 + 0,06N_6 + 0,04N_7 + 0,04N_8, \quad (2)$$

где NF – комплексный показатель ОВР, $N_1, N_2, N_3, N_4, N_5, N_6, N_7, N_8$ – факторы ОВР в баллах.

В таблице перечислены показатели, характеризующие опасность возможного распространения *P. proximus* в порядке их значимости [2, с изменениями]. Для корректной оценки влияния каждого из перечисленных показателей на комплексный показатель ОВР разнородные количественные значения переведены в баллы от 1 до 3 на основании оценочной шкалы (табл.).

Таблица. Шкала экспертных оценок степени воздействия факторов, способствующих распространению уссурийского полиграфа

Факторы ОВР	Показатели	Значения показателя	Баллы
N ₁	Степень повреждения деревьев полиграфом в ближайшем очаге, %	10–20	1
		21–30	2
		более 30	3
N ₃	Доля пихты в составе неповрежденного древостоя, ед.	2–4	1
		5–7	2
		8–10	3
N ₃	Санитарное состояние пихтового элемента древостоя, средневзвешенная категория состояния деревьев	1,0–1,5 и 4,6 и более	0
		1,6–2,5	1
		2,6–3,5	2
		3,6–4,5	3
N ₄	Расстояние от очага до неповрежденных пихтовых лесов, км	более 100	1
		50–100	2
		0–49	3
N ₅	Степень потенциальной пожароопасности в лесах	низкая	1
		средняя	2
		высокая	3
N ₆	Среднегодовое количество дней с ветром 15 м/с и более	0–4	1
		5–9	2
		более 10	3
N ₇	Территории возможного заселения полиграфа с учетом преобладающего направления ветра	соседи 3-го порядка	1
		соседи 2-го порядка	2
		соседи 1-го порядка	3
N ₈	Близость пихтовых лесов к транспортным путям, местам заготовки и переработки древесины, км	более 100	1
		50–100	2
		0–49	3

Результатом предложенной оценки выступает пространственная дифференциация пихтовых лесов по степени опасных факторов, обуславливающих распространение уссурийского полиграфа, с детальной характеристикой каждого вида природных опасностей. Данный подход апробирован на территории Томской области и с учетом специфики природных условий может быть адаптирован и использован для других регионов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ваганов П.А. Человек. Риск. Безопасность. СПб.: Изд-во Петерб. ун-та, 2002. 160 с.
2. Волкова Е.С., Кривец С.А., Мельник М.А. Районирование территории Томской области по опасности распространения уссурийского полиграфа (*Polygraphus proximus* Blandf.) – нового вредителя пихты сибирской // География и природные ресурсы, 2014, № 3. С. 40–47.
3. Уссурийский полиграф в лесах Сибири (распространение, биология, экология, выявление и обследование поврежденных насаждений) / С.А. Кривец, И.А. Керчев, Э.М. Бисирова и др. Томск – Красноярск: Изд-во «УМИУМ», 2015. 48 с.

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 16-44-700782 p_a).

КОРОЕДЫ-КОРНЕЖИЛЫ В НЕСОМКНУТЫХ СОСНОВЫХ КУЛЬТУРАХ, СОЗДАННЫХ НА ВЫРУБКАХ В ПРИДОНЕЦКИХ БОРАХ

В.Л. МЕШКОВА, И.Н. СОКОЛОВА

Украинский НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого (УкрНИИЛХА), Харьков, Украина
(valentynamechkova@gmail.com)

ROOT-FEEDING BARK BEETLES IN UNCLOSED PINE PLANTATIONS, PLANTED IN THE CLEAR-CUTS IN SIVERSKY DONETS RIVER VALLEY

V.L. MESHKOVA, I.N. SOKOLOVA

Ukrainian Research Institute of Forestry & Forest Melioration named after G.N.Vysotsky (URIFFM), Kharkov, Ukraine
(valentynamechkova@gmail.com)

Придонецкие боры – это массив сосновых лесов, растущих на левом берегу р. Северский Донец, охватывая частично территорию Харьковской, Луганской и Донецкой областей в пределах двух природных зон (левобережной лесостепи и степи). Среди наиболее вредоносных и распространенных в придонецких борах вредителей несомкнутых культур отмечены короеды-корнежилы – черный (*Hylastes ater* (Paykull)), матовый (*Hylastes opacus* Er.) и узкий, или украинский (*Hylastes angustatus* (Herbst)). Их вредоносность возрастает в связи с возможностью переноса возбудителей болезней сосны [1], а также способностью заселять молодые сосны [5]. Этих вредителей привлекает на вырубки запах срубленной древесины, то есть они являются типичными «silvicultural pests» («вредителями, которые распространяются в результате ведения лесного хозяйства») [6]. Короеды-корнежилы размножаются в корневых лапах пней и ослабленных деревьев, растущих на границе с вырубкой, а при дополнительном питании повреждают культуры и естественное возобновление. Нашими исследованиями [7] было установлено, что средняя плотность популяции короедов-корнежилов во всех проанализированных типах леса (от сухих боров до влажных сугрудков) в лесостепной части придонецких боров выше, чем в степной. При этом очень высокая привлекательность культур сосны для корнежилов в свежих сугрудах и высокая в свежих суборях в степной части придонецких боров компенсируется довольно интенсивным ростом сосны в таких условиях, и угроза отпада культур низкая. В то же время угроза отпада сосны в сухих борах степной части придонецких боров очень высока, несмотря на меньшую привлекательность насаждений для корнежилов.

Целью данной работы было выяснение особенностей сезонного развития короедов-корнежилов в придонецких борах и выявление периодов их наибольшей вредоносности.

Исследования проведены в 1998–2015 гг. в чистых 1–5-летних культурах сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Харьковской и Луганской областях. Особенности сезонного развития корнежилов изучали путем учета их численности в ловчих ямах, в которые помещали отрезки ветвей сосны диаметром 0,8–2,5 см, а также в оригинальных ловушках собственной конструкции [2, 5]. Вредоносность корнежилов оценивали в течение вегетационного периода и в конце сезона: во второй половине октября – ноябре [4]. Интенсивность повреждения культур сосны оценивали по предложенной нами шкале [3].

Исследования показали, что все рассмотренные виды короедов-корнежилов имеют однолетнюю генерацию. В то же время одни особи родительского поколения зимуют на стадии имаго, другие – на стадии личинки. Вследствие этого по срокам осуществления дополнительного питания можно выделить пять фенологических групп: особи родительского поколения, зимовавшие в стадии имаго; особи родительского поколения, зимовавшие в стадии личинки; особи нового поколения, которые являются потомством жуков первой (два поколения за сезон: основное и сестринское) и второй (одно поколение за сезон) групп (рис. 1, 2).

Имаго черного корнежила приступают к дополнительному питанию после зимовки в конце марта, а уже с середины апреля прогрызают маточные ходы в заселенном субстрате. Потомство особей черного корнежила, зимовавших в стадии имаго, вылетает в конце июня, а особи, зимовавшие в стадии личинки, – в мае. Матовый и украинский корнежилы, зимовавшие в стадии имаго, выходят из мест зимовки в середине апреля, а их потомство повреждает культуры сосны в первой декаде июля. Потомство особей, зимовавших в стадии личинки, вылетает в начале мая. Полученные данные позволяют обнаружить два периода высокой угрозы повреждения сосновых культур корнежилами: первый длится с начала вегетационного периода до конца июня с максимумом в конце мая, а второй – с начала июля до начала октября с максимумом во второй половине августа.



Рис. 1. Сезонная динамика плотности жуков черного корнежила разных поколений и фенологических групп: 1 – особи родительского поколения, зимовавшие в стадии имаго; 2 – особи родительского поколения, зимовавшие в стадии личинки; 3 и 4 – потомство жуков, зимовавших в стадии имаго (основное и сестринское поколения); 5 – потомство жуков, зимовавших в стадии личинки

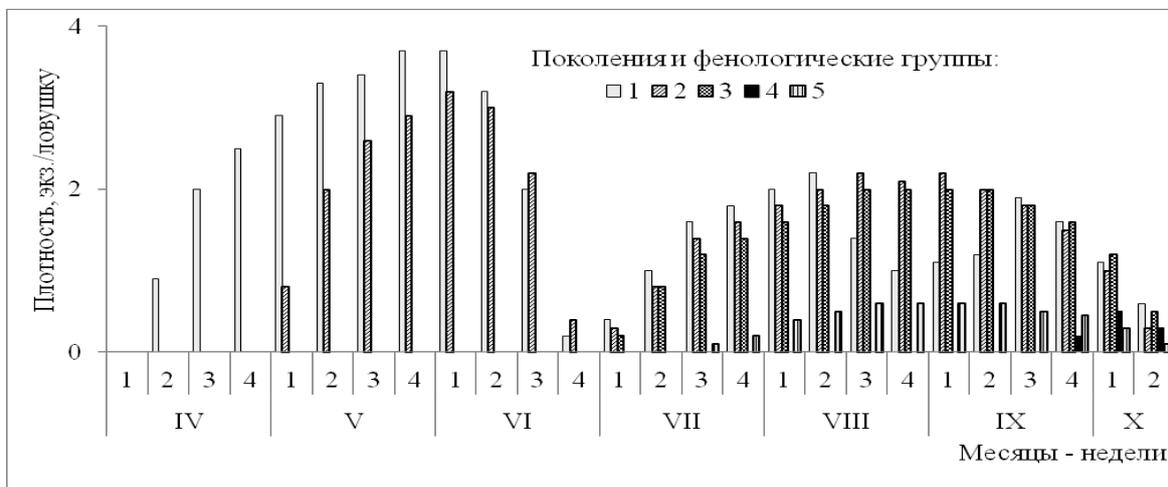


Рис. 2. Сезонная динамика плотности жуков матового и украинского корнежилов разных поколений и фенологических групп: 1 – особи родительского поколения, зимовавшие в стадии имаго; 2 – особи родительского поколения, зимовавшие в стадии личинки; 3 и 4 – потомство жуков, зимовавших в стадии имаго (основное и сестринское поколения); 5 – потомство жуков, зимовавших в стадии личинки

ЛИТЕРАТУРА

1. Давиденко К.В., Мешкова В.Л. Методичні аспекти оцінювання патогенного впливу офіостомових грибів, пов'язаних із короїдами, на саджанці сосни звичайної // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія «Фітопатологія та ентомологія», 2012, 11. С. 57–63.
2. Мешкова В.Л., Давиденко К.В., Кукина О.Н. и др. Методические аспекты исследования стволовых насекомых // Известия СПб лесотехнической академии, 2009, 187. С. 201–209.
3. Мешкова В.Л. Оценка влияния повреждения насекомыми несомкнутых сосновых культур на их рост и состояние // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов культурных растений: от теории к практике: матер. Всерос. конф. с междунар. участием. Москва, 18–22 апреля 2016 г. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2016. С. 139–140.
4. Соколова И.Н. Позднеосенний учет повреждений несомкнутых сосновых культур большим сосновым долгоносиком и короидами // Современное состояние и перспективы охраны и защиты лесов в системе устойчивого развития: матер. Междунар. науч.-практ. конф., 9–11 октября 2013 г. Гомель: Институт леса НАН Беларуси, 2013. С. 133–136.
5. Соколова И.М. Пошкодження одно-трирічних соснових культур великим сосновим довгоносиком і коренежилами // Лісівництво і агролісомеліорація, 2008, 114. С. 169–176.
6. Jactel, H., Nicoll, B.C., Branco, M. et al. The influences of forest stand management on biotic and abiotic risks of damage // Ann. For. Sci. 2009, 66 (701), 1–18.
7. Meshkova V.L., Sokolova I.M., Koval L. M. et al. Spread and injuriousness of stem insects in unclosed Scots pine plantations in pine forests in Siversky Donets river valley depending on forest site conditions // Лісівництво і агролісомеліорація, 2015, 127. С. 177–186.

ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНОГО ПАРКА «ЕРГАКИ»

Т.И. МОРОЗОВА

ФГБУ «ИМВЛ», Иркутск (ti.morozova@mail.ru)

PHYTOPATHOLOGICAL INVESTIGATION OF «ERGAKI» RESERVE FOREST

T.I. MOROZOVA

Federal Official Agency, Irkutsk I V L, Irkutsk (ti.morozova@mail.ru)

Фитопатологические исследования лесов Красноярского края проводились Р.А. Богоявленской [1, 2, 3], Г.Н. Лебковой [7, 8, 9], И.С. Косинской [6]. Фитопатогенные микромицеты филлосферы хвойных приводятся В.А. Сенашовой [15], И.Д. Гродницкой, Г.В. Кузнецовой [5]. Нами были обследованы 5 экологических маршрутов и 10 площадок по автомобильной дороге М54 в природном парке «Ергаки» Ермаковского района. Рекогносцировочные маршруты: окрестности визит-центра «Ергаки», туристическая тропа на «Каменный город», хребет Кулумыс, урочище Тушканчик, тропа на озеро Светлое, турбаза «Золотой Ус», долины рек Ус и Средняя Буйба.

На хвойных породах отмечены следующие 39 видов: *Aleurodiscus amorfus* (Pers. ex Purst.) Schroter – алевродискус бесформенный; *Ascocalyx abietis* Naumov – аскокаликс пихтовый; *Bothrodiscus berenice* (Berk. et Curt.) J.W. Groves – ботродискус береника; *Calyptospora goeppertiana* Kuhn – калиптоспора Гепперта; *Chrysomyxa ledi* DB – ржавчина ели; *Chrysomyxa abietis* Wint. – золотистая ржавчина ели; *Chrysomyxa ledi* (Alb. et Schw.) de Bary – хризомикса багульниковая; *Cronatrium ribicola* Ditz. – смоляной рак [11]; *Cyclaneusma minus* (Butin) Di Cosmo, Peredo & Minter – пожелтение хвои [15]; *Delphinella balsamea* (Waterman) Muller ex v. Arx et Muller – дельфинелла бальзамическая; *Hartigiella laricis* Hart. – заболевание хвои лиственницы шютте; серое шютте [5]; *Herpotrichia jniperi* (Duby) Petz. – бурое шютте [12]; *Hypodermella laricis* Tubeuf – шютте лиственницы; *Lachnellula calyciformis* (Willd ex Fr.) Dharne – лахнеллула чашечковидная; *Lachnellula pini* (Brunch.) Dennis. – рак ветвей и стволов; *Lachnellula laricis* (Cooke) Dharne. – лахнеллула лиственничная [1]; *Lachnellula willkommii* (Hartig) Dennis – ступенчатый рак; *Lirula macrospora* (R. Hartig) Darker – шютте; *Lirula nervisequia* (DC. ex Fr.) Darker – лируля запутанная, шютте; *Lophodermium abietis* Rostk. – низинное шютте; *Lophodermium conigenum* (Brunaud) Hilitzer. – шютте [4]; *Lophodermium macrosporium* (Hartig) Rehm. – лофодермиум крупноспоровый; *Lophodermium piceae* (Fuckel) Hoehn. – лофодермиум еловый, шютте; *Lophodermium pinastri* (Schrad. Fr.) Chevall – обыкновенное шютте; *Lophodermium seditiosum* Minter, Staley et Millar. – шютте; *Lophodermium jniperium* Fr.de Not. – шютте можжевельника; *Melampsorella caryophyllacearum* DS.J. Schrot – мелампсорелла гвоздичная; *Melampsora pinitorqua* (d By.) Rostk. – сосновый вертун; *Melampsorium betulinum* Kleb. – поражает ржавчиной хвою; *Melampsora larici-populina* Kleb. – ржавчина лиственницы/тополя; *Meria laricis* Vuill. – мериоз хвои, шютте; *Nectria cucurbitula* (Tode) Fr. – нектрия багровая; *Phacidium infestans* Karst. – зимнее шютте; *Rhizosphaera pini* (Corda) Maubl. – ризосфера сосновая; *Phoma abietella-sibirica* S.Schwarzman. – фома сибирская; *Pestalotia hartigii* Tubeuf – удущье сеянцев; *Pucciniastrum epilobii* (Pers.) Otth. – пукциниаструм Эпилоба, ржавчина; *Sclerophoma pithyophila* (Corda) Hohnel – склерофомоз.

Выявлены 19 видов возбудителей гнилей стволов: *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. – гетеробазидион многолетний, корневая губка; *Heterobasidion parviporum* Niemela & Korhonen – гетеробазидион, еловая корневая губка [14]; *Ganoderma lucidum* (M.A.Curtis: Fr.) P. Karst. – ганодерма блестящая; *Gloeophyllum abietinum* (Bull. ex Fr.) P. Karst., глеофиллум пихтовый; *Fomitopsis cajanderi* (Karst.) Kotl. et Pouz. – на валеже и сухостое; *Fomitopsis officinalis* (Fr.) Bond. et Sing. – лиственничная губка; *Fomitopsis pinicola* (Sw.: Fr.) P. Karst. – окаймленный трутовик; *Laetiporus sulphureus* (Fr.) Bond – серно-желтый трутовик; *Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat. – трутовик Швейнитца; *Stereum abietinum* Fr. – стереум еловый; *Phellinus abietis* (P. Karst.) Pilat – еловая губка; *Phellinus pini* (Brot.: Fr.) A. Ames. – сосновая губка; *Pholiota adiposa* (Batsch) P. Kumm. – чешуйчатка жирная; *Porodaedalea chrysoloma* (Fr.) Fiasson et Niemelä – пестрая коррозийная гниль; *Stereum sanguinolentum* (Alb. et Schw.: Fr.) Fr. – стереум кроваво-красный; *Trametes ochracea* (Pers.) Gilb. et Ryvarden – уплощенный или зональный трутовик; *Trametes versicolor* (L.:Fr.) Pilat – многоцветный трутовик; *Trichaptum abietinum* (Dicks.: Fr.) Ryvarden – трихептум пихтовый.

Также отмечены 15 видов заболеваний на лиственных породах. На основе выполненных работ можно наметить ряд актуальных фитопатологических задач, стоящих перед природным парком [10, 13]. В первую очередь необходимо выяснить обстановку в местах массового отдыха: многие виды паразитических грибов повышают свою численность в районах с повышенной рекреационной нагрузкой. Полное представление о санитарном состоянии лесов можно получить лишь при детальном специальных обследовании.

дованиях. Необходима организация мониторинга фитопатогенных грибов на постоянных маршрутных ходах и модельных площадках [13].

ЛИТЕРАТУРА

1. Богачева А.В., Морозова Т.И. Дискомицеты, разлагающие хвойную древесину в Сибири // Современная микология в России. М.: Изд-во «Национальная академия микологов», 2002. С. 45.
2. Богоявленская Р.А. Грибы, паразитирующие на хвое пихты сибирской // Известия Сиб. отд. АН СССР, 1963, № 4: Серия биол.-мед. наук, вып. 1. С. 78–80.
3. Богоявленская Р.А. Зараженность пихты сибирской дереворазрушающими грибами в бассейне р. Кемчуг // Известия Сиб. отд. АН СССР, № 12: Серия биол.-мед. наук, вып. 3. Красноярск, 1964.
4. Васильева Л.Н., Морозова Т.И. Сумчатые грибы Сибири. II. Виды рода *Lophodermium* на *Pinus ssp.* // Микология и фитопатология, т. 38, вып. 5, 2004. С. 42–47.
5. Гродницкая И. Д., Кузнецова Г.В. Устойчивость к грибным болезням кедровых сосен (*Pinus sibirica* Du Tour и *Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) в географических культурах на юге Красноярского края // Сибирский лесной журнал, 2014, № 3. С. 164–171.
6. Косинская И.С. Фацидиоз сосны. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1974. 91 с.
7. Лебкова Г.Н. Фитопатологическое состояние кедровников Северо-Восточного Алтая // Болезни лесных насаждений Сибири. М.: Наука, 1967. С. 73–80.
8. Лебкова Г.Н. Особенности болезни хвои пихты сибирской в Западном Саяне // Лесное хозяйство, 1968. С. 60–61.
9. Лебкова Г.Н. *Melampsorella cerastii* Winter на пихте сибирской в Западном Саяне // Водоросли и грибы Сибири и Дальнего Востока, ч. 1. Новосибирск: Наука, 1970. С. 175–178.
10. Морозова Т.И. Фитопатологическая ситуация в Тункинском национальном парке / Сохранение биологического разнообразия в Байкальском регионе: проблемы, подходы, практика, т. 1. Улан-Удэ, 1996. С. 91–93.
11. Морозова Т.И. Грибные болезни *Pinus sylvestris* L. в Байкальской Сибири / Структурно-функциональная организация и динамика лесов. Красноярск, 2004. С. 183–184.
12. Морозова Т.И. Микромикеты кедрового *Pinus sibirica* De Tour. в Байкальской Сибири / Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI в. Петрозаводск – Санкт Петербург, РБО, 2008. С. 134–135.
13. Морозова Т.И. Грибные болезни хвойных пород в Тункинском национальном парке / Природоохранная деятельность в современном сообществе. Матер. междунар. науч.-практ. конф. «Тункинскому национальному парку – 20 лет; природоохранная деятельность в современном обществе», с. Кырен, Республика Бурятия, 12–14 октября 2011 г. Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2011. С. 95–98.
14. Морозова Т.И., Müller M., Korhonen K. Повреждение ели сибирской *Picea obovata* Ledeb грибами болезнями в Байкальской Сибири // Каразинские естественнонаучные студии: матер. междунар. науч. конф., Харьков, 1–4 февраля 2011 г. Харьков: Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, 2011. С. 62–64.
15. Сенашова В.А. Фитопатогенные микромикеты филлосферы хвойных насаждений Средней Сибири / отв. ред. Н.Д. Сорокин; Рос. Акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т леса им. В.Н. Сукачева. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 104 с.

БЛАГОДАРНОСТИ. Автор благодарен директору природного парка «Ергаки» И.В. Грязину и его сотрудникам за предоставленную возможность посетить природные комплексы.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГОРНЫХ ОТВАЛОВ ДЛЯ ИНТЕНСИВНОГО ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ

Р.Т. МУРЗАКМАТОВ, А.С. ШИШИКИН, А.Н. БОРИСОВ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (shishikin@ksc.krasn.ru)

PROSPECTS FOR THE USE OF DUMPS FOR INTENSIVE FOREST GROWING

R.T. MURZAKMATOV, A.S. SHISHIKIN, A.N. BORISOV

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (shishikin@ksc.krasn.ru)

Территории, нарушенные горными работами, продолжают увеличиваться и представляют собой экологическую опасность для окружающего ландшафта. В то же время отвалы горных пород могут обладать высокими лесорастительными свойствами и экологической емкостью, которые определяются зональными условиями и особенностями технологии формирования техногенных поверхностей. Наиболее перспективны для интенсивного плантационного лесовыращивания отвалы вскрышных и вмещающих пород угольных разрезов, расположенных в лесостепной зоне.

Постоянные лесоводственные исследования проводятся на Бородинском угольном разрезе с 2007 г. По возрасту подобрано три группы отвалов (молодые, средневозрастные и старые), по технологии рекультивации – без рекультивации, выровненные под лесозаращивание и сельхозпользование, по способу лесовозобновления – с естественным зарастанием и лесными культурами. На отвалах проведены эксперименты с посевом семян сосны и лиственницы, посадкой культур кедра и проведением верховой рубки ухода за подростом сосны, сформировавшимся под пологом лиственных пород. На основании проведенных исследований разработана технология биологической рекультивации, направленная на создание мозаичных почвенно-грунтовых условий и формирование продуктивных и биологически разнообразных насаждений.

Посевы семян под пологом естественного лиственного возобновления на выровненном без ПСП старом и свежем отвалах показали низкую грунтовую всхожесть (не более 10%). Сравнивая этот результат с достаточно высокой плотностью естественного возобновления, следует предположить зависимость успешного появления всходов от сроков посева семян, а также от приоритета посадки саженцев.

Естественное возобновление на отвалах. Мониторинговый участок заложен на отвале 1979 г., где в результате естественного возобновления сформировался сомкнутый древостой смешанного состава из березы и осины с участием сосны. При этом возраст отвала и деревьев верхнего полога различается незначительно, что свидетельствует о благоприятных стартовых условиях лесовозобновления сразу после отсыпки и выравнивания горной породы. Под пологом первого поколения формируется разновозрастный подрост березы и осины высотой до 4 м, сосны – до 0,5–1 м. Высокая сомкнутость верхнего яруса приводит к угнетению напочвенного покрова и снижает жизнеспособность подростка сосны. На старом отвале в возрасте 30 лет сформировался березняк мертвопокровный с пятнами осочки. При увеличении возраста насаждений и высокой сомкнутости на отвалах наблюдается массовый отпад подлесочных пород (ивы) и подростка в результате естественного изреживания. Анализ хода роста подростка сосны показывает его высокую благонадежность и сохранение темпов роста в возрасте 9 лет, несмотря на высокую сомкнутость древесного полога. Во втором классе возраста запас техногенных древостоев достигает 110 м³/га, что соответствует I классу бонитета лесорастительных условий. Высокой продуктивностью отличаются древостои нерекультивированных отвалов и отвалов без ПСП с гребнистым мезорельефом.

Уход за подростом (рубка лиственных) позволяет сформировать продуктивные сосновые древостои, аналогичные зональным сосновым борам, с минимальными затратами. Прирост подростка после его осветления увеличивается в четыре раза и достигает в среднем 40 см/год.

Следует отметить, что в техногенных лиственных насаждениях на литостратах идет быстрый процесс почвообразования, и уже в возрасте 30 лет образуется собственный 2-сантиметровый слой гумуса.

Искусственное возобновление. Биологический этап рекультивации отвалов без ПСП под лесозаращивание выполняется с помощью лесных культур. Они создавались механическим способом лесопосадочными машинами по стандартной схеме 3 × 1 м плотностью 3–3,5 тыс./га и являлись преимущественно чистыми сосновыми, реже – еловыми и смешанными сосново-еловыми. Последующий уход за посадками не проводился, основные площади культур заложены в период 2004–2007 гг. Выделяется три основных типа лесокультурных площадей: выровненная поверхность отвала вскрышных пород, откосы отвалов различной крутизны и каменистые участки дорожного полотна.

Худшее состояние лесных культур отмечено на южных откосах отвалов с проходом посадочной машины вдоль склона. В процессе развития линейной эрозии по канаве, образуемой сошником машины и

колеи трактора, происходит обнажение корней саженцев сосны, что приводит к их гибели и вымыванию. Об этом свидетельствует заметное отсутствие саженцев в посадочных местах. Плоскостная эрозия и засушливые условия южных откосов препятствуют развитию травянистой растительности, способной закрепить верхний горизонт грунта. В результате культуры на склонах имеют плохую приживаемость (38–40%) и прирост (10–15 см).

Лесные культуры сосны, созданные в 2007 г. на выровненном отвале вскрышных пород, отличаются лучшей приживаемостью (90%) и высокими темпами устойчивого роста годичного прироста (рис.). За последние семь лет прирост увеличился почти в три раза и в 2015 г. составил 71 см/год. Наблюдается снижение прироста в 2011 и 2014 г. Анализ семи факторов погодных условий выявил зависимость от раннего схода снега (на 2–3 неделе) и высокой температуры весеннего периода (в 1,3–2 раза), что в сочетании дает предпосылки к весеннему иссушению хвои, негативные последствия которого не компенсируются дождливым летом.



Рис. Динамика прироста лесных культур по годам

Культуры 2007 г., созданные на выровненных каменистых участках дорожного полотна, имели очень низкую приживаемость. Доля погибших саженцев на второй год составила 85%. Посадки на каменистом склоне восточной экспозиции в первый год имели приживаемость 44%, но через год в результате вымывания корневой системы по бороздам, расположенным вдоль склона, доля погибших растений возросла до 70%.

Смешанные посадки (2005 г.) сосны и ели показали хорошую приживаемость и устойчивое увеличение прироста обеих пород, но на повышенных элементах микрорельефа отмечалось снижение прироста в три раза. Это свидетельствует о необходимости куртинного распределения посадок одной породы в соответствии с их требованиями к лесорастительным условиям и экологическому разнообразию поверхностей отвалов горных пород. Анализ хода роста лесных культур показал вначале большой разброс прироста, что связано с периодом адаптации саженцев после посадки. Через 7 лет наметилась четкая фенотипическая дифференциация роста сосны, проявившаяся на выровненном агрофоне и указывающая на эффективность использования селекционного материала при интенсивном лесовыращивании на отвалах.

Для расширения рекреационного потенциала лесных участков техногенных территорий проведен эксперимент по ручной посадке кедра (250 шт.) под полог лиственного естественного возобновления на 14-летнем отвале. По результатам осенней инвентаризации, приживаемость саженцев первого года роста составила 95%. В течение трех лет прирост кедра устойчиво нарастает, что позволяет сделать предварительный вывод о возможности создания кедровых плантаций на отвалах.

Основным ограничивающим фактором естественного и искусственного возобновления являются весенние палы, которые повторяются на отвалах с периодичностью 4–5 лет. Причиной распространения огня служит травянистая ветошь, накапливающаяся на всех вариантах отвалов и усиливающаяся в результате циклического разрастания донника. Наиболее устойчивы к выгоранию лиственные мертвоткоровые насаждения.

Обращает на себя внимание мощный зоогенный фактор формирования древесно-кустарниковой растительности. Близость городской свалки определяет высокую плотность сорок и ворон (до 400 особей), которые используют единичные сосны на отвалах в качестве присады и обламывают верхинные побеги. Благодаря разносу птицами семян облепихи формируются локальные кустарниковые заросли вокруг водоемов, в посадках лесных культур и по вершинам склонов. Междурядья, занятые облепихой, препятствуют разрастанию травы и выполняют роль «подгона» для сосны, но обладают высокой горимостью и способствуют выгоранию лесных культур.

Таким образом, отвалы горных пород угольных разрезов обладают высоким лесорастительным потенциалом, который реализуется после стабилизации поверхности почвогрунтов. Биологическая ре-

культивация путем лесозарастивания не требует нанесения ПСП, что значительно сокращает расходы на добычу угля и одновременно формирует разнообразные и продуктивные техногенные ландшафты.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗВИТИЮ РЕКРЕАЦИОННОГО ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ЮГЕ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ.

Д.И. НАЗИМОВА¹, Ж.П. СУЛЕЙМАНОВА¹, Н.В. СТЕПАНОВ²

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (inpol@mail.ru, janetta_syleiman@mail.ru)

²Сибирский федеральный университет, Красноярск (stepanov-nik@mail.ru)

CONCEPTUAL APPROACH TO RECREATION FOREST MANAGEMENT IN THE SOUTH OF KRASNOYARSK REGION

D.I. NAZIMOVA¹, J.R. SULEYMANOVA¹, N.V. STEPANOV²

¹V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (inpol@mail.ru, janetta_syleiman@mail.ru)

²Siberian Federal University, Krasnoyarsk (stepanov-nik@mail.ru)

Проблема устойчивого природопользования предполагает выработку стратегии управления природными ресурсами, к числу которых относятся и рекреационные ресурсы. Юг Красноярского края располагает богатым и разнообразным рекреационным потенциалом, который при соответствующих знаниях и рациональном освоении составит устойчивый резерв для оздоровления населения и улучшения его социального положения.

В настоящее время концептуальные подходы к рекреационному лесопользованию приобрели иное, более полное содержание, чем несколько лет назад, и не предполагают жесткого конфликта интересов между природой и обществом. Однако чтобы изжить конфликтные ситуации, еще сохраняющиеся в обществе, необходимо выработать грамотную линию поведения хозяйствующих субъектов на каждой конкретной территории. В особенности это касается использования лесных массивов вблизи дорог и магистралей, где уже есть непоправимые следы предшествующей хозяйственной деятельности, а интересы местного населения и потенциальных гостей края сталкиваются с интересами лесозаготовителей. Развитие рекреационного лесопользования под наблюдением научных организаций сохранит наиболее привлекательные туристские объекты в первозданном виде, как и места, в которых местное население ведет свои традиционные занятия (сбор грибов, выпас скота, заготовки и т. д.). Такая постановка проблемы обозначилась лишь в последние годы в связи с резко возросшим интересом людей к отдыху на природе, их мобильностью, обеспеченностью транспортом, появлением новых информационных технологий, а также с признанием за лесными экосистемами не только сырьевых, но и важных для общества *средообразующих функций*, которые поддерживают стабильность природной среды. Это большой перечень функций, среди которых особенно значимы группы ландшафтостабилизирующих и рекреационных.

Говоря о **рекреационном потенциале**, следует отметить его неполную выявленность и слабую изученность на горном юге края. По сравнению с соседними территориями Хакасии и Тувы, где осваиваются преимущественно степные и лесостепные ландшафты, изобилующие озерами, историческими памятниками, источниками, на горном юге края разнообразие и аттрактивность природных комплексов не меньше, но процент лесных территорий намного выше. При этом освоение их с целью рекреации и туризма происходит крайне неравномерно, что в настоящее время уже порождает проблему. Требуется не только определить состояние природных объектов и рекреационные нагрузки на наиболее уязвимые точки, но и выявить потенциальные места отдыха, а также степень их доступности.

Комплексное изучение состояния и способов использования лесных рекреационных ресурсов на юге Красноярского края должно входить составной частью в программы многоцелевого природопользования и устойчивого лесопользования на основе новых научных подходов. Благодаря длительным исследованиям специалистов ИЛ СО РАН, Сибирского федерального университета, а также ряда ученых из других вузов страны накоплен достаточно большой объем знаний и исходных данных по природной характеристике региона, в частности, ландшафтов и лесных экосистем. На значительном по протяженности горном профиле через Западный Саян от с. Ермаковского до пос. Арадана и далее до Усинска, прилегающем к трассе М54, начиная с 1960 г. ведутся разносторонние исследования природных особенностей и динамики биогеоценозов, в первую очередь кедровых и пихтовых лесов, а также других, представленных на профиле в разных высотных поясах, – сосновых, березовых, осиновых, лиственничных, еловых, сохранивших высокий уровень естественного разнообразия растительности и живой природы в целом. Эти материалы требуют переосмысления и систематизации с учетом тех новых задач, которые связаны с освоением и развитием рекреационных ресурсов. Следует сразу сказать, что ресурсный (рекреационный) потенциал природных ландшафтов, и в том числе лесных массивов, еще далеко не исчерпан, хотя более активно стал использоваться лишь в последнее десятилетие в связи с организацией ООПТ, в особенности с созданием природного парка «Ергаки».

Для **оценки рекреационного потенциала** горных ландшафтов должны быть уточнены критерии и индикаторы, характеризующие статус рекреационной территории, площади, ее аттрактивность, или при-

влекательность, для отдыхающих, экологические факторы окружающей (природной) среды и обустройство (обеспечение комфортности отдыха). Лесные ландшафты, преобладающие на 80% рассматриваемой территории, требуют учета специфики горной территории и привлечения новых методов их изучения и инвентаризации, а также освоения для указанных целей.

В Институте леса СО РАН имеется большой задел по созданию региональной ГИС на изучаемую территорию. С использованием создаваемой ГИС предполагается дать оценку лесных массивов и модельных участков (ППП) вдоль трансекты Минусинск – Ермаковское – Арадан – Усинск (ландшафтно-эстетическая оценка наиболее привлекательных ландшафтов вдоль трассы; кадастровая поквартальная и повидельная оценка по существующим на данный момент материалам лесоинвентаризации; оценка разнообразия растительных сообществ и степени их нарушенности в каждом из ключевых участков). Будет продолжен **мониторинг состояния** рекреационных ключевых объектов (более 10) с использованием наземных и дистанционных методов. Его целью является разработка рекомендаций, позволяющих снизить возможные негативные последствия воздействия человека на состояние экосистем.

Практическая ценность работы заключается в уточнении экологической рекреационной емкости лесов региона, пригодных и привлекательных для рекреации; создании основного блока ГИС, предназначенного для управления рекреационным потенциалом горных лесов. Выбранная территория Ермаковского и Усинского районов выгодно отличается относительной освоенностью в предгорной части, с одной стороны, и сохранностью девственной природы в горной части, с другой. Это сочетание обеспечивает разнообразие форм отдыха и деятельности местного населения, занятого в сфере экотуризма и традиционного природопользования (от охоты, рыбной ловли и рыбозаведения до гостиничного бизнеса, фермерства, коневодства, производства сельскохозяйственной продукции и переработки недревесного сырья).

В научно-техническом плане новизна концептуального подхода состоит в коренном изменении возможностей получения, обработки информации и передачи ее заинтересованным организациям. Здесь актуально и предпочтительно совмещение разномасштабных подходов к систематизации и освоению ресурсов: 1) дистанционных методов картографирования и мониторинга конкретных объектов разного ранга – от крупных (горных ландшафтных зон и их частей – ВПК) до мелких (типов сообществ, биотопов, ценопопуляций) и 2) наземных методов мониторинга состояния этих объектов. Новизна подхода состоит также в целевой установке – обобщении научных знаний по заявленной теме и передаче их хозяйствующим субъектам и организациям, управляющим территорией. Использование ГИС-технологии для оценки рекреационного потенциала горных лесов имеет свою специфику, что и определило актуальность нашей научно-исследовательской работы и ее инновационный характер.

Полное и всестороннее знание природных ресурсов, в том числе рекреационных ресурсов лесных территорий, представляется необходимым условием планирования и активизации трудовой деятельности на краевом и региональном уровнях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сулейманова Ж.Р., Шишкин А.С., Корец М.А. Оценка лесных рекреационных ресурсов лесов Енисейского меридиана // Лесная таксация и лесоустройство, 2003, № 1(32). С. 142–149.
2. Власенко В.И., Сулейманова Ж.Р. Экологический туризм в условиях биосферного полигона Саяно-Шушенского заповедника (хребет Иджир). Ботан. иссл. в Сибири, вып. 13. Красноярск, 2005. С. 26–45.
3. Сулейманова Ж.Р., Берлякова А.В. Некоторые аспекты рекреационных ресурсов массива Ергаки // Стажировка как средство конкурентоспособности выпускников туристского вуза на рынке труда. Матер. конф. Красноярск, 25 февраля 2005 г. Красноярск, 2005. С. 37–39.
4. Назимова Д.И., Сулейманова Ж.Р. Проблемы развития экологического туризма в лесах юга Красноярского края и подходы к их решению. Проблемы и мониторинг природных экосистем: сб. ст. II междунар. науч.-практ. конф. МНИЦ ПГСХА. Пенза: РИО ПГСХА, 2015. С. 118–121.
5. Сулейманова Ж.Р., Бабой С.Д. Роль ООПТ в развитии экотуризма и рекреационной деятельности на юге Красноярского края. Биоэкологическое краеведение: мировые, российские и региональные проблемы: матер. 4-й международной науч.-практ. конф., посв. 115-летию со дня рождения докт. биол. наук, профессора И.С. Сидорука и докт. с.-х. наук, профессора П.А. Положенцева. Самара, 7 декабря 2015 г. Самара: ПГСГА, 2015. С. 317–324.
6. Рекреационная география и инновации в туризме: матер. II Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Иркутск, 22–25 сентября 2014 г. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2014. 249 с.

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ЛЕСОУЧЕТНЫХ РАБОТ НА ТЕРРИТОРИИ РЕГИОНА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СТЕПЕНИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

А.Е. НИСНЕВИЧ, А.В. ДУРКИН, Д.А. СВИЩЕВ

Филиал ФГБУ «Рослесинфорг» «Востсиблеспроект», Красноярск (andrey_nisnevich@mail.ru)

THE DEVELOPMENT OF A FOREST ACCOUNTING SYSTEM ON THE REGIONAL TERRITORY AS AN INDICATOR OF THE INTENSIFICATION OF FORESTRY

A.YE. NISNEVICH, A.V. DURKIN, D.A. SVISHCHEV

The FGBU branch "Roslesinform" "Vostsiblesproekt", Krasnoyarsk (andrey_nisnevich@mail.ru)

Как явление, динамичное во времени, интенсификация должна иметь критерии количественных и качественных показателей и для самой интенсификации, и для составляющих ее элементов лесохозяйственной деятельности.

Основным результатом интенсификации в совокупности всех составляющих станет увеличение пользования древесными ресурсами с единицы площади. Соответственно, для оценки степени интенсификации (СИ) необходимо иметь налаженную систему учета размера пользования древесиной, основанную на объективных сведениях об имеющемся ресурсе.

Современная система лесоучетных работ в Красноярском крае представлена тремя направлениями: 1 – лесоустройство; 2 – государственный лесной реестр (ГЛР); 3 – государственная инвентаризация лесов (ГИЛ).

Таблица 1. Установленный и фактический объемы изъятия древесины по Красноярскому краю, млн м³

Год	Установленный объем изъятия	Фактический объем заготовки древесины	% использования
2013	81,9	13,4	16,4
2014	81,9	15,3	18,7
2015	81,9	16,7	21,0

По поводу алгоритма определения размера пользования и возрастов рубки, по всей видимости, необходимо принять взвешенные консенсуальные решения.

В настоящее время давность и, соответственно, объективность материалов лесоустройства оставляют желать лучшего (рис. 1).

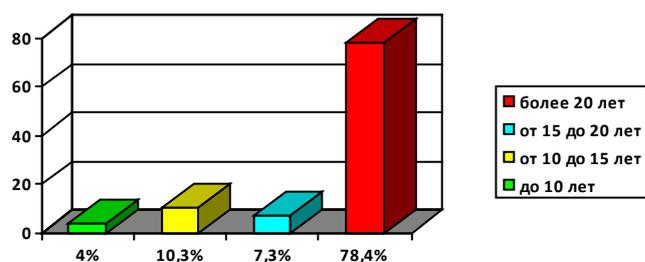


Рис. 1. Давность лесоустройства по Красноярскому краю

Потенциал филиала ФГБУ «Рослесинфорг» «Востсиблеспроект» позволяет выполнять работы по таксации лесов глазомерным способом на площади 1 млн га в год. Фактические объемы, приведенные в табл. 2, составляют в среднем 43%.

Таблица 2. Объемы таксации лесов, тыс. га

Источник финансирования	Год проведения работ			
	2013	2014	2015	2016
за счет субвенций федерального бюджета	–	113,1	–	195,7
за счет средств бюджета субъекта РФ	114,6	–	308,7	–
за счет средств арендаторов	37,7	85,4	141,4	67,0
за счет муниципальных средств	–	–	1,2	–
Всего	152,3	198,5	451,3	262,7

Потребность в таксации для нормального (10–15-летнего) ревизионного периода составляет около 3–4 млн га. В районах с интенсивным ведением ЛХ наиболее рационально применение непрерывного

лесоустройства. Отсутствие заинтересованности потенциальных заказчиков в проведении таксации лесов заключается в ряде экономических и нормативно-правовых причин.

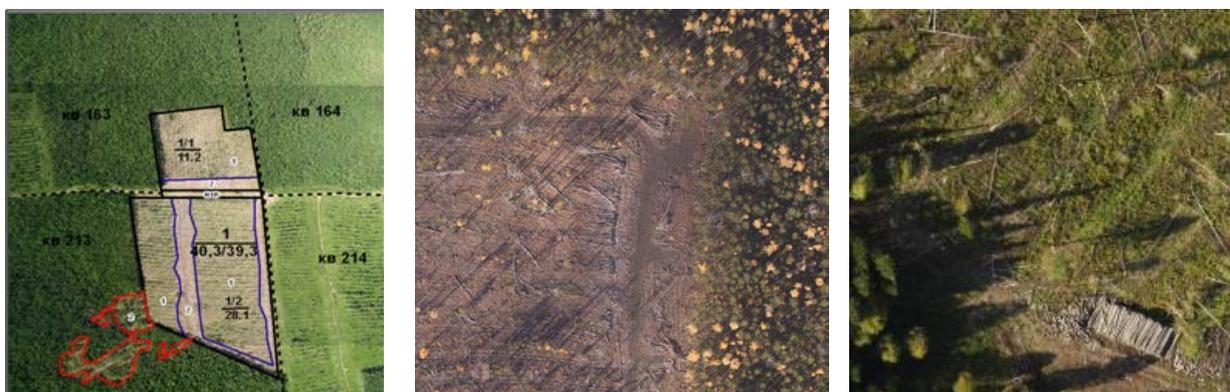
При определении СИ необходимо учитывать объемы всех мероприятий, направленных на воспроизводство, охрану, защиту, а также использование лесов. Источниками информационного ресурса в данном случае выступают непосредственные исполнители работ по указанным мероприятиям, создающие акты, отчеты, реестры установленных форм и АИС. Отраженные сведения подвергаются выборочному контролю со стороны заказчика или органов надзора, функции которых частично в рамках государственного задания в виде ГИЛ делегированы ФГБУ «Рослесинфорг». Контроль в данном случае проводится наземными и дистанционными методами.

Оценка мероприятий по воспроизводству, охране, защите, использованию лесов наземными способами выполняется в объеме 10% от количества лесничеств в субъекте и 5% от выполненных мероприятий. За период 2012–2015 гг. мероприятия, выполненные с нарушениями лесоводственных требований, составили в среднем 38%. С улучшением показателей результатов оценки мероприятий повышается соответственно и СИ.

Интенсификация лесного хозяйства и интенсификация лесопользования неразрывно связаны между собой.

В качестве инструмента контроля за использованием лесов в целях заготовки древесины применяются дистанционный мониторинг по направлениям:

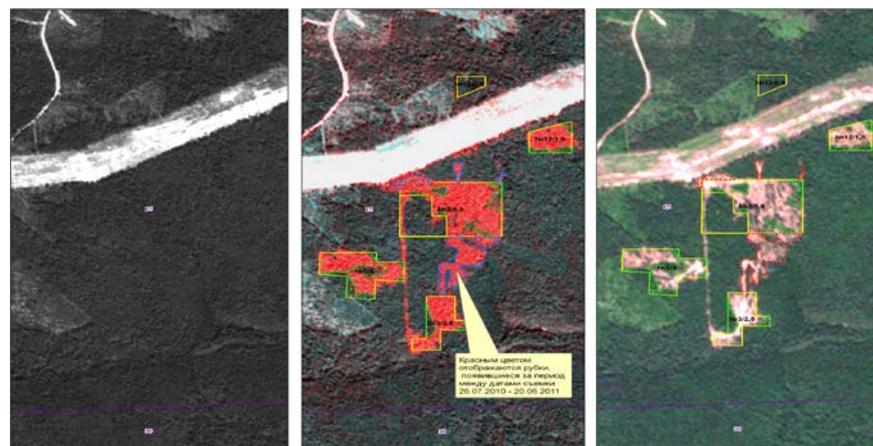
1. Освидетельствование лесосек с применением крупномасштабной съемки.



До сих пор значительная часть древесины, не подходящая по параметрам, – низкосортная древесина, тонкомер, откомлевки, пневой осмол и другое сырье – остается гнить на лесосеках. Кроме того, существует неэффективное использование уже заготовленных сортиментов.

Помимо вовлечения этого ресурса в оборот при уборке брошенной древесины производится дополнительная очистка лесосек, что значительно снижает пожароопасность мест рубок, облегчает подготовку площадей под посадку лесных культур, содействует естественному возобновлению и в конечном итоге способствует более быстрому зарастанию лесосек.

2. Выявление изменений в лесном фонде созданием мультитременных композитов космических снимков. Установление мест незаконных рубок выполняется на основе анализа синтезированного изображения из двух разновременных космических снимков текущего и предыдущего годов съемки и контуров лесосек, нанесенных по материалам отвода.



Кроме этого, дистанционные методы могут послужить и способом инвентаризации зарастающих лесов и не используемых по назначению земель сельскохозяйственных категорий. Игнорирование созданных природой высокоэффективных древостоев, их уничтожение, раскорчевка крайне нерациональны. При вовлечении этих древостоев в лесохозяй-

ственный оборот произойдет значительное сокращение времени на восстановление лесного ресурса. В данном случае необходима проработка вопроса об упрощении процедуры передачи заросших сельхозземель или их обмена на земли лесфонда, менее эффективные для лесовыращивания.

Наращивание объемов лесочетных работ, получение актуальной информации о текущем состоянии и изменении лесов – первоочередная задача в решении проблем интенсификации лесного хозяйства.

ИННОВАЦИИ В РЕШЕНИИ АКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА СИБИРИ

А.А. ОНУЧИН^{1, 2}

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (onuchin@ksc.krasn.ru)

²Сибирский технологический университет, Красноярск (onuchin@ksc.krasn.ru)

INNOVATIONS IN SIBERIAN FORESTRY ACTUAL PROBLEMS SOLUTION

A.A. ONUCHIN^{1, 2}

¹V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (onuchin@ksc.krasn.ru)

²Siberian Technological University, Krasnoyarsk (onuchin@ksc.krasn.ru)

Экстенсивная модель развития лесной отрасли страны привела к негативным изменениям в структуре лесного фонда и дефициту качественного сырья, востребованного предприятиями лесного комплекса. Наиболее актуальны эти проблемы в регионах, традиционно являющихся поставщиками лесной продукции, лесной сектор экономики которых имеет важное экономическое и социальное значение [8, 3]. Структура лесного фонда России претерпела за последние десятилетия серьезные изменения негативного характера. Доля площадей, занятых наиболее ценными спелыми и перестойными насаждениями, с 1966 по 2009 г. сократилась в 1,4 раза, причем это снижение происходит в основном за счет интенсивно вырубаемых хвойных древостоев [2]. Следовательно, при заготовке древесины в России в объеме около 200 млн м³ в год восполнение вырубаемых запасов спелыми и перестойными хвойными древостоями происходит только на 1/3. В южных районах Сибири такие негативные изменения выражены еще сильнее [11]. Следовательно, о соблюдении принципов неистощительного и непрерывного использования лесных ресурсов говорить не приходится. Сейчас ни у кого не вызывает сомнения тот факт, что лесорастительный потенциал наиболее продуктивных южно-таежных лесов Сибири подорван продолжающейся более полувека интенсивной их эксплуатацией и отсутствием должного внимания (и контроля) к решению задач эффективного восстановления целевых лесов. В последние десятилетия проблема усугубляется последствиями глобальных климатических изменений, которые выражаются как в усилении горимости лесов, так и в возрастании ущерба от вредителей и болезней леса [10, 6]. Все это создает реальную угрозу истощения в уже обозримой перспективе лесных ресурсов в регионах, традиционно являющихся основными источниками высококачественной древесины для обеспечения как внутренних потребностей страны, так и экспортных поставок продукции лесного комплекса, особенно на перспективные рынки стран АТР.

Решение обозначенных проблем возможно только на основе использования эффективных способов и методов организации и ведения лесного хозяйства, включая инвентаризацию, охрану лесов от пожаров, защиту от вредителей и болезней, заготовку и переработку лесных ресурсов, восстановление лесной растительности, с обеспечением всего комплекса услуг, включая экологические. Инновационные пути решения задач, стоящих перед лесным сектором, способные коренным образом изменить его роль в экономике страны и в первую очередь лесных регионов, могут быть найдены только на основе использования результатов научных исследований и принятия грамотных управленческих решений. Это касается как изучения природы лесов, так и разработки эффективных технологий переработки лесных ресурсов. Необходимо формирование и проведение лесной политики, соответствующей государственным интересам, учитывающей длительный жизненный цикл лесных экосистем, а не сиюминутные интересы отдельных корпораций и ведомств [7, 2, 1].

В краткосрочной перспективе интенсификация лесопользования может быть обеспечена в основном за счет вовлечения в хозяйственный оборот низкотоварной древесины посредством ее глубокой переработки. В долгосрочной перспективе решение проблемы снабжения лесопромышленного комплекса сырьем должно решаться за счет повышения продуктивности лесов лесохозяйственными мероприятиями, включающими использование методов плантационного лесовыращивания, эффективную охрану и защиту лесов. Этот путь может обеспечить удовлетворение спроса на древесную продукцию высокого качества, которая всегда будет востребована.

В Институте леса им. В.Н. Сукачева ведутся исследования, направленные на повышение продуктивности лесов и улучшение их сортиментно-сортной структуры. В рамках этого направления исследований заложены серии экспериментов по созданию лесных культур различной начальной густоты, эксперименты по проведению рубок ухода разной интенсивности с внесением различных доз удобрений в молодняках естественного происхождения [4]. Полученные результаты свидетельствуют о существенном увеличении прироста, в первую очередь, деревьев-доминантов в ответ как на изреживание, так и на внесение удобрений.

Необходимо понимать, что интенсивная модель лесопользования является частью системы устойчивого управления лесами. Такая система должна базироваться на гармоничном сочетании интенсивной и экстенсивной моделей лесопользования. Начать следует с зонирования территории. В Институте леса

разработаны методы выделения оптимальных лесорастительных условий, пригодных для интенсивного лесовыращивания. Эти методы разработаны на основе климатических моделей и геоморфологических параметров [5]. По экспертным оценкам, доля лесов интенсивной формы ведения хозяйства в Сибири составляет 10–15 % от площади лесного фонда; в них можно заготавливать от 45 до 60 % от общего объема потребной лесной продукции. В лесах экстенсивной формы ведения хозяйства, доля которых составляет от 25 до 30 %, объемы лесозаготовок составят 35–45 %. В так называемых Киото лесах, включающих защитные и резервные леса, площадь которых находится на уровне 60–65 %, доля заготавливаемой древесины будет находиться в пределах от 5 до 10 % от общего объема лесозаготовок.

Организация интенсивного лесовыращивания должна быть предусмотрена в долгосрочной программе развития лесного хозяйства края и фокусироваться на развитии методов и технологий плантационного выращивании лесов. По данному направлению спектр проблемных вопросов весьма широк, начиная от возможностей использования земель сельскохозяйственного назначения для выращивания древесины и заканчивая разработкой и внедрением современных инновационных технологий ускоренного выращивания древостоев. Очевидно, что это потребует ряда организационных мероприятий, таких как создание опытных хозяйств, поскольку опыт интенсивного лесовыращивания, полученный в Институте леса им. В.Н. Сукачева, требует практической апробации в производственных масштабах с реальной оценкой экономического эффекта. Такие хозяйства должны быть обеспечены необходимыми техническими средствами с организацией выращивания качественного посадочного материала и т. д.

Решение обозначенных проблем предполагает разработку комплексного научного подхода посредством реализации Государственной программы научных исследований. Такая программа предполагает разработку различных прогностических сценариев развития лесопромышленного комплекса в азиатской части страны в условиях меняющейся конъюнктуры мировых рынков, включая развитие лесных биотехнологий, экономическую оценку ресурсного потенциала, выработку конкретных экономически обоснованных мероприятий по его поддержанию и разработке схем перспективного размещения объектов лесопромышленного комплекса. В научных организациях лесного профиля накоплен огромный потенциал фундаментальных знаний, который до сих пор остается невостребованным в силу оторванности процесса их получения от реальных экономических потребностей и вызовов времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бондарев А.И., Онучин А.А., Читоркин В.В., Соколов В.А.* О концептуальных положениях использования и воспроизводства лесов в Сибири // Известия вузов. Лесной журнал, 2015, № 6. С. 25–34.
2. *Исаев А.С., Коровин Г.Н.* Актуальные проблемы национальной лесной политики. М., 2009. 106 с.
3. *Онучин А.А., Соколов В.А., Втюрина О.П.* Перспективы интенсификации лесного хозяйства в Сибири // Лесное хозяйство, 2010, № 6. С. 11–12.
4. *Онучин А.А., Маркова И.И., Павлов И.Н.* Влияние рубок ухода на радиальный прирост стволов и формирование сосновых молодняков // Хвойные бореальной зоны, 2011, т. XXIX, № 3–4. С. 258–267.
5. *Онучин А.А., Данилова И.В.* Орографические эффекты распределения атмосферных осадков на юге Приенисейской Сибири // География и природные ресурсы, 2012, № 3. С. 85–92.
6. *Павлов И.Н.* Биотические и абиотические факторы усыхания хвойных лесов Сибири и Дальнего Востока // Сиб. экол. журн., 2015, № 4. С. 537–554.
7. *Писаренко А.И., Страхов В.В.* От управления – к контролю и надзору за лесами России // Лесн. хоз-во, 2008, № 5. С. 7–10.
8. *Соколов В.А.* Перспективы развития лесного комплекса Сибири // Сиб. экол. журн., 2008, № 3. С. 361–369.
9. *Стороженко В.Г.* Гнилевые фауны коренных лесов Русской равнины. М., 2001. С. 157.
10. *Цветков П.А., Буряк Л.В.* Исследования природы пожаров в лесах Сибири // Сиб. лесн. журн., 2014, № 3. С. 25–42.
11. *Фуряев В.В., Самсоненко С. Д., Фуряев И. В., Шубин Д. А.* Пожароустойчивость лесов юго-востока Западной Сибири. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 2014. 156 с.

ЛЕСНЫЕ НАСЕКОМЫЕ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИНЖЕНЕРЫ: ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Е.Н. ПАЛЬНИКОВА¹, И.В. СВИДЕРСКАЯ², О.В. ТАРАСОВА², М.Н. ЯГУНОВ³, В.Г. СУХОВОЛЬСКИЙ^{2, 4}

¹Сибирский государственный технологический университет, Красноярск (e_palnikova@mail.ru)

²Сибирский федеральный университет, Красноярск (isvider@mail.ru; olvitarasova2010@yandex.ru)

³Центр защиты леса Красноярского края, Красноярск (mihail85@bk.ru)

⁴Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (soukhovolsky@yandex.ru)

FOREST INSECTS AS ECOLOGICAL ENGINEERS: ESTIMATION OF IMPACT ON FOREST ECOSYSTEMS

E.N. PALNIKOVA¹, I.V. SVIDERSKAYA², O.V. TARASOVA², M.N. YAGUNOV³, V.G. SOUKHOVOLSKY^{2, 4}

¹Siberian State Technological University, Krasnoyarsk (e_palnikova@mail.ru)

²Siberian Federal University, Krasnoyarsk (isvider@mail.ru; olvitarasova2010@yandex.ru)

³Krasnoyarsk regional center of forest protection, Krasnoyarsk (mihail85@bk.ru)

⁴V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (soukhovolsky@yandex.ru)

Лесные экосистемы можно охарактеризовать не только показателями имеющихся лесных ресурсов (древесины, вторичных лесных ресурсов). Для описания экологических аспектов функционирования леса важно идентифицировать ключевые виды и функциональные группы видов, которые формируют пространственно-функциональные биогеоценотические единицы, выполняющие так называемые «экосервисные» функции в экосистеме: депонирование углерода, трансформацию мертвой фитомассы, формирование почвы, выделение кислорода и т. п. [3]. Лесных насекомых в бореальных лесах можно рассматривать как специфических экосистемных инженеров («ecosystem engineers»), воздействие которых приводит к изменениям сукцессионных процессов и выполнению экосервисных функций леса [5–10]. Спектр характерных времен этих воздействий достаточно широк: от быстрых изменений интенсивности фотосинтеза в насаждении, подвергшемся атакам насекомых в ходе вспышки массового размножения, до сукцессионных переходов в лесных экосистемах, инициированных воздействием насекомых.

Очень часто воздействие насекомых на лесные ценозы происходит в два этапа. На первом этапе деревья повреждаются насекомыми-филлофагами, изымающими фотосинтетический аппарат (хвою или листья) у деревьев. Это приводит к изменениям интенсивности выполнения в лесных экосистемах таких экосистемных функций, как выделение кислорода и депонирование углерода. На следующем этапе деревья, ослабленные после повреждений филлофагами, могут подвергаться нападению насекомых-ксилофагов. Гибель деревьев после последовательных атак филлофагов и ксилофагов инициирует значительные изменения в выполнении экосистемных функций леса и смену пород в насаждении. Фактически косвенное влияние насекомых определяет направленность сукцессионной динамики в лесу в течение десятков и даже сотен лет.

Оценка функционирования лесных насекомых как экологических инженеров важна для понимания эффективности выполнения биосферных функций леса. Однако детально методология таких оценок к настоящему времени еще не разработана. В связи с этим необходимо разработать методы расчетов влияния насекомых на экосервисные функции леса. В настоящей работе на примере сосновых боров юга Красноярского края дается оценка влияния лесных насекомых как «экоинженеров» на функционирование лесной экосистемы.

Многолетние (с 1978 г. по настоящее время) исследования популяций лесных насекомых, их динамики и влияния на лес проводились на территории Краснотуранского соснового бора, расположенного на юге лесостепной зоны Красноярского края (54° 24' с. ш. и 91° 40' в. д.), в северной части Минусинской котловины, входящего в состав так называемых «ленточных боров Минусинской котловины» [4].

К особенностям Краснотуранского бора, позволяющим рассматривать его как уникальный объект для экологических исследований, является «островное» расположение и отсутствие поблизости значительных лесных массивов, однородность породного состава (основной лесообразующей породой ленточных боров Минусинской впадины является сосна, которая составляет 90% всех насаждений) и разновозрастность насаждений (в сосняках преобладают 100–120-летние древостои) [2]. Вместе с тем для Краснотуранского бора характерна неоднородность лесорастительных условий, обусловленная особенностями рельефа, климата и почвенного покрова. На территории Краснотуранского бора выделено семь типов природно-территориальных комплексов – урочищ [2], что позволяет оценить реакцию леса на воздействие насекомых-экоинженеров в различных условиях среды.

Основным видом – экологическим инженером на территории Краснотуранского бора является сосновая пяденица (*Bupalus piniarius* L., Geometridae, Lepidoptera). В 1974–1978 гг. в центральной части Краснотуранского бора существовали очаги массового размножения сосновой пяденицы. Общая пло-

щадь очагов составила 4800 га, а интенсивные повреждения крон деревьев наблюдались на площади 200 га [1]. После прекращения вспышки массового размножения сосновой пяденицы ослабленные деревья в очаге массового размножения подверглись воздействию насекомых-ксилофагов (короеда *Blastophagus piniiperda* L. и соснового усача *Monochmus galloprovincialis* Oliv.), повреждавших луб на стволах деревьев. Эти повреждения приводили к гибели деревьев и их вывалу.

В настоящей работе рассмотрены изменения экосервисных функций леса на территории Красно-туранского бора под влиянием насекомых – экологических инженеров на протяжении 40 лет после начала вспышки массового размножения сосновой пяденицы. Длительный срок наблюдений позволяет проследить различные фазы реакции леса и изменения его экосервисных функций после воздействия насекомых.

ЛИТЕРАТУРА

1. Витальев А.П., Годз В.С. Авиационная борьба с сосновой пяденицей в Красноярском крае // Лесное хозяйство, 1975, № 8. С. 82–83.
2. Пальникова Е.Н., Свицерская И.В., Суховольский В.Г. Сосновая пяденица в лесах Сибири. Новосибирск: Наука, 2002. 232 с.
3. Тишков А.А. Биосферные функции природных экосистем России. М.: Наука, 2005. 309 с.
4. Чередникова Ю.С. Растительность Минусинской впадины // Почвенные факторы продуктивности сосняков. Новосибирск: Наука, 1976. С. 20–36.
5. Crain C.M., Bertness M.D. Ecosystem engineering across environmental gradients: Implications for conservation and management // BioScience, 2006, v. 56 (3). Pp. 211–218.
6. Cuddington K., Wilson W.G., Hastings A. Ecosystem engineers: Feedback and population dynamics // American Naturalist, 2009, v. 173 (4). Pp. 488–498.
7. Jones C.G., Lawton J.H., Shachak M. Organisms as ecosystem engineers // Oikos, 1994, 69. Pp. 373–386.
8. Jones C.G., Lawton J.H., Shachak M. Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers // Ecology, 1997, v. 78. Pp. 1946–1957.
9. Lill J.T., Marquis R.J. Ecosystem engineering by caterpillars increases insect herbivore diversity on white oak // Ecology, 2003, v. 84. Pp. 682–690.
10. Wright J.P., Jones C.G., Flecker A.S. An ecosystem engineer, the beaver, increases species richness at the landscape scale // Oecologia, 2002, v. 132. Pp. 96–101.

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 15-29-02697 и 15-04-01192).

ОПЫТ КОНТРОЛЯ ВРЕДИТЕЛЕЙ И ПАТОГЕНОВ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ ПУТЕМ ИНЪЕКТИРОВАНИЯ СТВОЛОВ ПРЕПАРАТОМ СИСТЕМНОГО ДЕЙСТВИЯ

Н.В. ПАШЕНОВА, Н.С. БАБИЧЕВ, Д.А. ДЕМИДКО, В.М. ПЕТЬКО, А.А. ПЕРЦОВАЯ, Ю.Н. БАРАНЧИКОВ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (pasnat@ksc.krasn.ru)

SIBERIAN FIR PEST AND PATHOGENS CONTROL TRIAL WITH STEM INJECTION BY SYSTEMIC PREPARATION

N.V. PASHENOVA, N.S. BABICHEV, D.A. DEMIDKO, V.M. PETKO, A.A. PERTSOVAYA, YU.N. BARANCHIKOV

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (pasnat@ksc.krasn.ru)

Массовая гибель пихтовых древостоев, вызванная инвазией в южную Сибирь уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandford и ассоциированных с ним офиостомовых грибов, поднимает вопрос о предотвращении развития очагов массового размножения этого вредителя и защите восприимчивых видов хвойных. Защита леса от короедов в настоящее время сводится к лесопатологическому мониторингу и профилактическим лесохозяйственным мерам. Однако в арсенале зарубежных и отечественных лесопатологов имеются более современные методы защиты деревьев, в том числе инъектирование стволов фунгицидными и инсектицидными препаратами. Хотя эти препараты не внесены в Государственный каталог пестицидов и ядохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, такая методика может оказаться целесообразной для сохранения небольших групп деревьев в городских насаждениях, на приусадебных участках, деревьев, имеющих историческую ценность или являющихся памятниками природы, плюсовых деревьев в лесных хозяйствах.

Цель данной работы заключалась в проверке эффективности и длительности действия препарата Абазол (Abasol, ООО «Може Продакт Дистрибьютор») против ассоциации уссурийского полиграфа и фитопатогенного гриба *Grosmania aoshimae*. Исследовали способность препарата предотвратить: (1) заселение стволов пихты сибирской уссурийским полиграфом и (2) колонизацию стволовой флоэмы фитопатогенным грибом.

Комбинированный препарат Abasol содержит инсектицидный препарат Abacide и фунгицидный препарат Fungisol. Доказана эффективность Abacide (действующее вещество Abamectin B1, 1,9 %) против насекомых-ксилофагов и представителей других экологических групп. Для препарата Fungisol (действующее вещество Debacarb, 1,7 %) подтверждена активность против 40 заболеваний стволов древесных растений, в том числе против голландской болезни и синевы древесины, которые вызываются офиостомовыми грибами [1]. Обработка (инъектирование) стволов выполнялась 21 мая 2015 г. в действующем очаге уссурийского полиграфа в пихтаче разнотравном в 50 км от Красноярска (Емельяновский район, Красноярский край). Инжекторы с препаратом согласно методике производителя устанавливали в зоне корневой шейки в количестве 2–3 штук на равном расстоянии по окружности ствола.

Для оценки инсектицидной активности препарата Abasol через 2 недели после обработки стволов модельное дерево было срублено и распилено на чурбаки, которые искусственно заселяли жуками уссурийского полиграфа в контролируемых условиях. После окончания развития *P. proximus* на каждом отрубке вскрывалось по три гнезда и производился подсчет количества яйцевых камер, личиночных ходов и потомства. Эти характеристики размножения пересчитывались на единицу длины хода. Еще одно модельное дерево, интенсивно заселяемое жуками во время инъектирования и погибшее в конце вегетативного сезона, было срублено и проанализировано в сентябре.

Фунгицидную активность препаратов оценивали по результатам искусственного инокулирования флоэмы инъектированных деревьев чистой культурой *G. aoshimae*. Инокулирование выполняли 24 июня 2015 г. в 10-кратной повторности по методу, описанному ранее [2]. Замеры некрозов флоэмы, вызванных в стволах живых деревьев мицелием гриба, проводили 28 июля 2015 г.

Выполненные наблюдения показали, что препарат Абазол поднимался по ксилеме от корневой шейки до вершины ствола в виде полос, ширина которых составила 7–9 см в нижней и средней части ствола и уменьшалась до 2–3 см у вершины. В полосах продвижения препарата наблюдался явный горизонтальный перенос действующих веществ во флоэму, что вызывало гибель всех оказавшихся в пределах полосы жуков и личинок. На стволах с диаметром более 18 см даже при установке трех инжекторов на ствол между зонами действия препарата остались полосы, не содержащие препарат, которые были плотно заселены и обработаны короедами. На полосах с препаратом была крайне низкая плотность неразвившихся гнезд (от 0,7 до 2,3 штук/дм²): по всей видимости, они были образованы жуками, внедрившимися до обработки. В свободной от инсектицида части ствола плотность гнезд варьировала от 2,7 до 10 штук/дм². Количество отродившихся жуков по тем же причинам при обработке было единичное, а без

обработки достигало 261 штук/дм². Личинки и куколки на пройденных инсектицидом участках отсутствовали.

Результаты эксперимента с искусственной посадкой жуков в чурбаки, напиленные из инъектированных деревьев, показали, что препарат сохранял инсектицидную активность даже через 2 месяца после инъектирования и через месяц после рубки. Жуки, пытавшиеся достичь флоэмы в зонах прохождения препарата, погибали, не сумев даже организовать брачную камеру (табл. 1).

Несмотря на выявленную способность, по крайней мере, в течение 3 месяцев контролировать численность короедов, поселяющихся на деревьях, препарат Abasol оказался неэффективен в отношении фитопатогенного гриба, распространяемого уссурийским полиграфом. Микологический анализ флоэмы из полос прохождения препарата, отобранной через два месяца после инъектирования пихт, показал присутствие в ней мицелия *G. aoshimae* и сапротрофного вида *Ophiostoma rectangulosporium* – второго специфического ассоцианта уссурийского полиграфа. При учете результатов инокулирования деревьев мицелием фитопатогена *G. aoshimae* было установлено, что средняя длина и ширина некрозов флоэмы, вызванных грибом, не отличалась в контроле и опыте (табл. 2) и, следовательно, фунгицидная активность не проявлялась уже через месяц после инъектирования стволов. Полученные данные не исключают более высокую фунгицидную активность препарата в первые недели после инъектирования, но этот вопрос требует дополнительных исследований.

Таблица 1. Результаты заселения и развития стадий полиграфа на отрезках стволов пихт, ранее инъектированных препаратом Abasol

Вариант обработки ствола	Стадии развития полиграфа, шт./см галереи			
	гнезд инициированных/ образовавшихся	яиц	личинок	имаго
Инъектирование Абазолом	10/0	0	0	0
Контроль (без обработки)	10/9	18,0 ± 3,1	12,3 ± 1,7	10,3 ± 1,5

Таблица 2. Средние размеры ($X \pm \sigma$, мм) некрозов флоэмы после инокулирования пихты сибирской культурой *G. aoshimae*

Вариант обработки	Механическое поранение		Инокулирование мицелием <i>G. aoshimae</i>	
	длина	ширина	длина	ширина
Контроль	13,9 ± 5,6	9,0 ± 0,7	61,8 ± 15,0	18,2 ± 5,3
Абазол	14,8 ± 5,4	9,0 ± 1,3	63,4 ± 11,4	16,9 ± 5,3

Таким образом, применение комбинированного препарата системного действия Абазол оказалось крайне эффективным при воздействии на имаго, яйца и личинок уссурийского полиграфа в зоне действия препарата и не показало длительного фунгицидного воздействия на фитопатогенного ассоцианта полиграфа – офиостомовый гриб *G. aoshimae*. Системный препарат Abasol, инъектированный в ксилему, быстро передвигается вверх по стволу и одновременно в прилегающие слои флоэмы, убивая по пути особей всех стадий уссурийского полиграфа, внедрившихся до этого времени под кору. Ширина активной зоны препарата непосредственно над местом инокуляции равна 9 см.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Mauget*. Redefining tree injection technology: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mauget.com/index.cfm?PageID=16&ID=5&productid=15>.
2. *Пашенова Н.В., Перцовая А.А., Баранчиков Ю.Н.* Связь пигментации и фитопатогенной агрессивности *Grosmania aoshimae* – грибного ассоцианта уссурийского полиграфа // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике. Матер. Всерос. конф. 18–22 апреля 2016 г., Москва. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2016. С. 178–179.

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа выполнена на средства гос.бюджета (договор 14 2/2).

ОЦЕНКА РАЗНЫХ ТИПОВ ФЕРОМОННЫХ ЛОВУШЕК ДЛЯ ОТЛОВА САМЦОВ СИБИРСКОГО ШЕЛКОПРЯДА (LEPIDOPTERA: LASIOCAMPIDAE)

В.М. ПЕТЬКО¹, Ю.Н. БАРАНЧИКОВ¹, Д.А. ДЕМИДКО¹, Б. ВОНГ², Д.Р. ЛАНС²

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (baranchikov-yuri@yandex.ru)

²Центр исследований и технологий по защите растений, APHIS, Buzzards Bay, MA, USA

EVALUATION OF DIFFERENT PHEROMONE TRAP TYPES IN CAPTURING OF SIBERIAN MOTH MALES (LEPIDOPTERA: LASIOCAMPIDAE)

V.M. PETKO¹, YU.N. BARANCHIKOV¹, D.A. DEMIDKO¹, B. WANG², D.R. LANCE²

¹V.N.Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (baranchikov-yuri@yandex.ru)

²APHIS Center for Plant Health Science and Technology, Buzzards Bay, MA, USA

Сибирский шелкопряд *Dendrolimus sibiricus* Tschetv. (Lepidoptera, Lasiocampidae) – важнейший вредитель хвойных лесов Урала, Сибири и Дальнего Востока России. В 1998–2004 гг. в азиатской части России были проведены широкомасштабные исследования по разработке технологии феромонного мониторинга популяций сибирского шелкопряда. Синтезированный и испытанный в поле аналог полового феромона – аттрактант деналол [4] – показал высокую привлекательность для самцов вредителя в разных частях его ареала [4]. Наряду с этим совершенствовались препаративная форма – диспенсер [3] и конструкция феромонной ловушки для отлова бабочек. Для отлова самцов сибирского шелкопряда были рекомендованы два типа ловушек – пластиковые барьерные и коробчатые инсектицидные ловушки типа молочный пакет [2]. В поле оба типа ловушек показали одинаковую эффективность. Разработанная методика позволяла отслеживать изменения численности разреженных популяций вредителя и была внедрена в практику защиты леса [2].

Конструкция и размеры как ловушки в целом, так и отдельных ее частей оказывают значительное влияние на количество привлекаемых и фиксируемых бабочек [1, 8]. Анализ недавних литературных данных показал, что по сравнению с другими типами ловушек при отлове чешуекрылых наибольшую эффективность имеют пластмассовые инсектицидные ловушки Unitrap [5, 6].

Материалы и методы. В 2016 г. нами были продолжены полевые эксперименты, направленные на выявление уловистости разных типов ловушек. Исследовали уловистость трех типов ловушек: (1) картонных ловушек типа молочный пакет двух модификаций: со стандартными входными отверстиями 2,8 × 2,5 см и расширенными отверстиями 2,8 × 8,0 см [1]; (2) пластмассовых ловушек ведерного типа bucket trap [7] с отверстиями аналогичных размеров; (3) пластмассовых универсальных ловушек для чешуекрылых Unitrap [6]. В итоге мы протестировали пять модификаций ловушек.

Эксперимент проводили с 17 июня по 20 июля 2016 г. в период лёта имаго сибирского шелкопряда. Ловушки вывешивали в листовничнике осочково-разнотравном близ поселка Черное озеро Республики Хакасия (предгорья Кузнецкого Алатау) в местообитании разреженной популяции сибирского шелкопряда. Ловушки вывешивали в линию с расстоянием 30 м между ловушками на высоте 1,5 м. В качестве приманки использовали фольгапленовые диспенсеры с деналолом в концентрации 100 мкг/диспенсер. Все тестируемые ловушки были инсектицидного типа. Для фиксации насекомых использовали инсектицидные пластины с 2,2-дихлорвинилдиметилфосфатом (Vaportape II, производство компании Hengon, США).

Все варианты в опытах размещали в последовательности А-Б-В-Г-Д-А-Б-В-Г-Д и т. д. в десятикратной повторности. Количество отловленных самцов учитывали каждые три дня. Во время учетов каждую ловушку перемещали на место последующей, чтобы исключить воздействие на уловы особенностей микрорельефа местности. Статистическую обработку данных проводили с помощью программы *Statistica 7.0*.

Результаты. Наибольшую уловистость показали ловушки типа Unitrap. Их уловы были достоверно выше уловов всех остальных типов, за исключением bucket traps с увеличенными входными отверстиями; *U*-критерий Манна-Уитни, $p \leq 0,01$ (рис. 1). Уловы bucket traps обеих модификаций практически не отличались друг от друга. Интересно отметить крайне низкие уловы картонными ловушками с обоими типами отверстий. Уловы этими ловушками в 2002 г. в аналогичном местообитании были в несколько десятков раз выше [1]. Тем не менее, как и в прошлом эксперименте, уловы в картонных ловушках типа молочный пакет с меньшими входными отверстиями были несколько выше, чем в таковых с большими отверстиями, хотя эти различия статистически недостоверны.

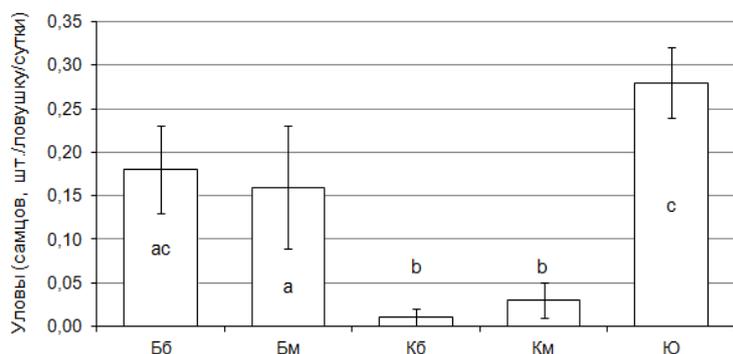


Рис. 1. Уловы самцов сибирского шелкопряда ловушками разных типов и модификаций: Б – bucket traps, К – картонные типа молочный пакет, Ю – Unitrap; б – большие отверстия, м – малые отверстия. Разными буквами обозначены достоверно различающиеся значения, U -критерий, $p \leq 0,01$

ловушек открытыми остаются только входные отверстия, и при определенном направлении ветра распространение аттрактанта может быть ограничено. Кроме того, в отличие от ловушек типа молочный пакет оба других типа имеют воронки, что значительно снижает возможности попавшей в ловушку бабочки выбраться из нее.

Таким образом, ловушки типа Unitrap продемонстрировали относительно высокую уловистость. Они вполне могут быть рекомендованы для мониторинга численности популяций крупных чешуекрылых. Кроме того, при низких плотностях популяций их можно использовать в отдельных экспериментах при выявлении периода и сезонной динамики лёта сибирского шелкопряда как наиболее чувствительные.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранчиков Ю.Н., Петько В.М., Клун Д.А., Мastro В.К., Радженевич А.А. Феромонная ловушка для мониторинга численности популяций сибирского шелкопряда // Лесн. хоз-во, 2004, 3. С. 46–47.
2. Рекомендации по использованию феромонов для мониторинга численности основных вредителей леса в России / Маслов А.Д., Сергеева И.А., Юрченко Г.И. и др. Пушкино: Министерство природных ресурсов РФ, 2007. 23 с.
3. Митюшев И.М., Третьяков Н.Н., Савушкин А.О., Осман М.А.М., Вендило Н.В., Плетнев В.А., Митрошин Д.Б. Фольгапленовые диспенсеры – новая препаративная форма для феромонного мониторинга яблонной плодовой жоржки // Агро XXI, 2008, 10–12. С. 33–34.
4. Петько В.М., Баранчиков Ю.Н., Плетнев В.А., Вендило Н.В., Лебедева К.В., Бабичев Н.С. Совершенствование средств феромонного мониторинга численности популяций сибирского шелкопряда // Лесн. вест. Вест. МГУЛ, 2009, 5. С. 137–141.
5. Elkinton J.S., Lance D., Boettner G., Khrimian A., Leva N. Evaluation of pheromone-baited traps for winter moth and bruce spanworm (Lepidoptera: Geometridae) // J. Econ. Entomol., 2011, 104 (2): 494–500.
6. Guerrero S., Brambila J., Meagher R.L. Efficacies of four pheromone baited traps in capturing male *Helicoverpa* (Lepidoptera: Noctuidae) moths in Northern Florida // Florida Entomologist, 2014, 97(4): 1671–1678.
7. Mitchell E.R., Agee H.R., Heath R.R. Influence of pheromone trap color and design on capture of male velvetbean caterpillar and fall armyworm moths (Lepidoptera: Noctuidae) // J. Chem. Ecol., 1989, 15 (6): 1775–1784.
8. Sanders C.J. Evaluation of high-capacity, non-saturating sex pheromone traps for monitoring population densities of spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) // Can. Ent., 1986, 118: 611–619.

БЛАГОДАРНОСТИ. Мы признательны Н.В. Вендило за предоставление диспенсеров с деналолом. Работа выполнена в рамках договора № 14-8130-0205-СА.

ВОЗМОЖНОЕ ВЛИЯНИЕ НАЛИЧИЯ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ ЗОН ВНУТРИ РЕГИОНА НА ОТНЕСЕНИЕ ЕГО К ЗОНЕ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОЧАГОВ ВРЕДИТЕЛЕЙ ЛЕСА

В.И. ПОНОМАРЕВ¹, Г.А. СЕРЫЙ²

¹Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург (v_i_ponomarev@mail.ru)

²Центр защиты леса Волгоградской области (gseryj@yandex.ru)

POSSIBLE IMPACT OF THE FOREST ZONES PRESENCE IN THE REGION ON IT'S ATTRIBUTION TO THE AREA WITH FOREST PESTS OUTBREAKS RISK

V.I. PONOMAREV¹, G.A. SERYY²

¹Botanical Garden, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg (v_i_ponomarev@mail.ru)

²Forest protection center of Volgograd region (gseryj@yandex.ru)

Эффективность контроля численности вредителей леса в значительной степени зависит от точности прогноза возникновения очагов массового размножения фитофагов. Основой прогнозирования вероятности возникновения очагов и их пространственного распространения являются данные, полученные в результате ведения государственного лесопатологического мониторинга. Способы реализации лесопатологического мониторинга выбираются в соответствии с лесозащитным районированием (выделение зон слабой, средней и сильной лесопатологической угрозы). Тип такой зоны служит основанием для выбора элементов системы наблюдений при лесопатологическом мониторинге. Основным критерий для выделения зон – частота образования очагов. Она определяется как отношение числа лет, когда были зарегистрированы очаги, ко всему периоду наблюдения. К зоне слабой угрозы (зона незначительного вреда) относят регионы с частотой встречаемости до 30%, к зоне средней угрозы (зона периодического интенсивного вреда) – с частотой встречаемости от 30 до 70%, к зоне сильной угрозы (зона перманентного интенсивного вреда) – с частотой встречаемости выше 70% [1]. От выбора системы наблюдения зависит качество результатов лесопатологического мониторинга. В то же время такой выбор влияет на стоимость мониторинга. Отнесение региона к той или иной зоне проводят на основании базы данных площадей очагов по регионам России.

В данном сообщении рассмотрено возможное влияние наличия лесорастительных зон внутри региона на его отнесение к определенной зоне вреда от непарного шелкопряда (*Lymantria dispar* (L.)) – одного из серьезнейших вредителей лесных насаждений в России. Для этого вида районирование проведено как в европейской части России, так и в целом по ареалу этого вида в нашей стране [1, 2]. Для анализа были привлечены данные по встречаемости очагов в 36 регионах европейской части России, представленные в статье Н.И. Лямцева [1]. Основные очаги возникают в степной, лесостепной лесорастительных зонах и в зоне хвойно-широколиственных лесов [2]. Анализ наличия лесорастительных зон внутри регионов европейской части России был проведен по данным Приказа Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 18 августа 2014 г. N 367 «Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации». (www.consultant.ru/document/Cons_doc_LAW_169590). Согласно этим данным, в регионах европейской части Российской Федерации выделяют от 1 до 4 лесорастительных зон. При этом в регионах, отнесенных на основании многолетнего мониторинга к зоне сильной угрозы (11 регионов), в 8 (72%) выделяют 2 и более лесорастительных зон, в которых возможны вспышки массового размножения. Одна лесорастительная зона выделена в Ростовской, Волгоградской и Пензенской областях. В зоне средней угрозы (13 регионов) 2 лесорастительные зоны, в которых возможны вспышки массового размножения непарного шелкопряда, выделяют в 4 регионах (31%), при этом в двух регионах с двумя лесорастительными зонами (Воронежская область и Ставропольский край) встречаемость очагов очень высока (58–62%). В зоне слабой угрозы (12 регионов) 2 лесорастительные зоны, в которых возможны вспышки массового размножения непарного шелкопряда, выделяют в 2 регионах (17%) (Московская и Тульская области). Представленные данные позволяют предположить влияние на частоту вспышек в том или ином регионе, а соответственно, на встречаемость очагов и отнесение региона к той или иной зоне вреда наличия нескольких лесорастительных зон. Это влияние может быть связано как с тем, что в разных лесорастительных зонах вспышки, спровоцированные одним модифицирующим фактором, могут реализовываться в разное время, так и с тем, что в разных лесорастительных зонах вспышки могут провоцироваться разными модифицирующими факторами.

В этом плане рассмотрим динамику очагов в Волгоградской области, территория которой отнесена к зоне перманентного вреда (встречаемость очагов 100%, очаги охватывают до 32% лиственных насаждений [1]). Согласно Приказу Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 18 августа 2014 г. N 367, в регионе выделяют одну лесорастительную зону (степную). В то же время, по другим источникам, в области выделяют 4 природные зоны (степную, сухостепную, зону Вол-

го-Ахтубинской поймы и полупустынную) [3]. Вспышки массового размножения непарного шелкопряда в области в основном фиксируются в насаждениях дуба черешчатого *Quercus robur* L. и тополя черного (осокорь) *Populus nigra* L. Проведенный нами анализ [3] показал, что высокая (100%) встречаемость очагов связана с высокой степенью асинхронности их динамики между насаждениями лесничеств, особенно в северной части зоны сухих степей. Больше половины насаждений области имеют встречаемость очагов непарного шелкопряда 30% и ниже. Наиболее высока степень угрозы массовых размножений в лесничествах, расположенных в северной части области и в Волго-Ахтубинской пойме.

В связи с этим возникает вопрос: являются ли очаги, фиксируемые в Волгоградской области, очагами, возникшими в результате одних и тех же вспышек? Для этого необходимо попытаться выделить ведущие модифицирующие факторы в разных зонах, взяв за основу вспышки в Волго-Ахтубинской пойме. Такой выбор обусловлен тем, что в этой природной зоне вспышки имеют четкий циклический характер, со всеми фазами классической вспышки. Сравнение динамики очагов в Волго-Ахтубинской пойме (встречаемость очагов до 40 %) и в Михайловском лесозащитном районе (степная зона, встречаемость очагов до 50 %) показывает, что между динамикой очагов в этих природных зонах отсутствует синхронность ($r = 33$, $P > 0,1$), кроме того, в двух случаях (1970-е и 2000-е гг.) масштабные вспышки возникли в одной из зон при полном отсутствии в другой. То есть образование очагов в этих зонах связано, по-видимому, с влиянием разных факторов. Для Волго-Ахтубинской поймы основным фактором, влияющим на существование в этой зоне лесных насаждений, являются весенние паводки. Наиболее ярким свидетельством этого была катастрофа 2006 г., когда в результате почти полного отсутствия паводка началось массовое усыхание дубрав поймы [4].

В степной зоне, кроме паводков, охватывающих значительно меньшую площадь насаждений, основной модифицирующий фактор – осадки и температура вегетационного периода. На незначительную площадь (относительно общей площади насаждений кормовых пород) пойменных лесов указывает доля тополя черного (осокоря) в насаждениях этой зоны (не более 11%). Эта порода, которая встречается почти исключительно в поймах рек, вне пойм удовлетворительно растет на влажных песчаных почвах или на песках с неглубоким залеганием грунтовых вод [5]. Очаги на обширной территории южной части сухостепной зоны возникали почти синхронно с очагами в Волго-Ахтубинской пойме. По-видимому, учитывая, что основные очаги здесь фиксировали в Светлоярском, Калачевском и Серафимовическом лесничествах, а насаждения кормовых пород в основном сосредоточены в поймах рек, на что указывает и высокая доля в этих насаждениях тополевику (до 55%), здесь также ведущим модифицирующим фактором являются паводки. В таком случае высокий уровень встречаемости очагов (до 72%) в северной части сухостепной зоны может быть связан, во-первых, с наличием в лесничествах этой части зоны значительных площадей суходольных лесополос, во-вторых, с влиянием на динамику площадей очагов двух типов модифицирующих факторов: паводков и гидротермических условий вегетационного периода. В пользу этого предположения говорят достоверные значения (0,5–0,7) корреляций динамики площадей очагов в этих лесничествах с динамикой площадей как лесничеств степной зоны, так и лесничеств южной части сухостепной зоны и Волго-Ахтубинской поймы.

Таким образом, встречаемость очагов в регионах и отнесение их к той или иной зоне вреда может зависеть от наличия в регионе разных лесорастительных зон. Для оптимизации лесопатологического мониторинга необходимо проведение внутрирегионального анализа встречаемости очагов на основе ведомственного архива данных. Такой анализ не только оптимизирует лесопатологический мониторинг. Он поможет выявить ведущие модифицирующие факторы динамики численности шелкопряда в разных лесорастительных зонах, что, в свою очередь, позволит значительно увеличить точность прогноза вспышек массового размножения и их последствий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лямцев Н.И. Угроза возникновения очагов непарного шелкопряда и их распространение в лесах России // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 2015, № 211. С. 46–58.
2. Лямцев Н.И., Исаев А.С., Зукерт Н.В. Влияние климата и погоды на динамику численности непарного шелкопряда в европейской России // Лесоведение, 2000, № 1. С. 62–67.
3. Пономарев В.И., Серый Г.А., Белицкая М.Н., Грибуст И.Р. Динамика площадей очагов непарного шелкопряда в Волгоградской области // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 2015, № 211. С. 92–104.
4. Рекомендации «Научно обоснованные нормы нагрузки при ведении сельскохозяйственного производства, обеспечивающие сохранение биоразнообразия водно-болотных угодий Нижней Волги», ВНИИОЗ. Волгоград, 2010. 192 с.
5. Ткаченко М.Е. Общее лесоводство. М.-Л.: Гослесбуиздат. 1952. 599 с.

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа выполнена при поддержке Комплексной программы Уральского отделения РАН на 2015–2017 гг. № 15-12-4-19.

МЕТОДЫ ДИСТАНЦИОННОЙ РЕГИСТРАЦИИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ И ВЕРХОВЫХ ПОЖАРОВ СИБИРИ

Е.И. ПОНОМАРЁВ¹, Е.Г. ШВЕЦОВ¹, Ю.О. УСАТАЯ²

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (evg@ksc.krasn.ru)

²Сибирский федеральный университет, Красноярск (julia_usat@mail.ru)

METHODS FOR REMOTE REGISTRATION OF EXTREME AND CROWN WILDFIRES IN SIBERIA

YE.I. PONOMAREV¹, YE.G. SHVETSOV¹, YU.O. USATAYA²

¹V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (evg@ksc.krasn.ru)

²Siberian Federal University, Krasnoyarsk (julia_usat@mail.ru)

В публикациях последних лет [1, 2, 4, 6, 7] показано, что ежегодно в России 70–90% от всех площадей лесов, пройденных огнем, фиксируется на территории Сибири (это от 2 до 10 млн га). В условиях прогнозируемого роста горимости актуален вопрос оценки уровня воздействия пожаров на древостой как экологическая характеристика послепожарного состояния лесов и прогнозируемых изменений. В ряде работ дана оценка доли пожаров в России и Сибири, характеризующихся экстремальным уровнем воздействия на растительность и приводящих к отпаду, замещению древостоев; в среднем эта цифра варьирует на уровне ~30% [9], что составляет до 1,5–3 млн га лесных территорий [1].

Использование дистанционных данных – единственно доступный подход выполнения подобных исследований в масштабах Сибири или всей территории России. Объективно более высокую достоверность результата можно получить при сопряженном анализе спутниковой информации и материалов наземных обследований, однако это требует проведения серий подспутниковых экспериментов и может быть реализовано лишь на модельных объектах или локальных территориях. Есть трудности и неопределенность и при классификации материалов спутниковой съемки в «вегетационных» каналах, вызванные отсутствием достоверной валидации выделяемых классов повреждения, изменением со временем или потерей дешифровочных признаков участков, пройденных огнем, в сравнении с фоном.

Спутниковая съемка TERRA/Modis в среднем инфракрасном ($\lambda \sim 4$ мкм) диапазоне позволяет фиксировать излучение, обусловленное тепловыделением активной зоны пожара. В зарубежных публикациях [8] такая характеристика известна как Fire Radiative Power (FRP). Дистанционно определяемый показатель мощности теплоизлучения (МТИ) от пожара тестировался на участках активного горения, в том числе на модельных и натуральных пожарах. Выявлена высокая корреляция фиксируемого теплоизлучения с количественными характеристиками сгорающей биомассы для серий пожаров луговой растительности [5, 10]. В работе [11] приведены данные о соотношении мощности теплоизлучения и площади горения. Вариация дистанционных оценок теплоизлучения от пожаров в различных древостоях Сибири рассмотрена в работе [3]. Мощность тепловыделения, связанная с количеством сгорающей растительной биомассы, может рассматриваться как критерий при оценках уровня воздействия огня на древостой. Особенно эффективно такой показатель применим в случаях пожаров с экстремальной мощностью теплоизлучения, включая верховые (рис. 1).

В данной работе получены первые результаты по валидации и адаптации к практическому использованию метода дистанционной оценки мощности теплоизлучения (МТИ) от активной зоны очага горения. Основная цель – определение критерия детектирования верховых пожаров и пожаров экстремальной интенсивности в лесах Сибири. Дополнительно получена количественная оценка их доли в многолетней статистике горимости территории Сибири.

Энергетическая характеристика – важная составляющая атрибутивной информации о пожарах. Для Сибири впервые получены дистанционные оценки вариации интегральной мощности теплоизлучения. Построенные временные ряды отражают суточную, а также долгопериодическую динамику изменения показателя на основе более чем $2,6 \times 10^5$ записей о термически активных зонах. Помимо интегральной мощности излучения как суммарного показателя для данного полигона пожара мы получили данные об удельной мощности излучения, приведенной на единицу площади активной зоны. Классификация отдельных участков пожаров по мощности позволяет перейти к решению обратной задачи оценки количества сгорающих горючих материалов и уровня воздействия огня на древостой.

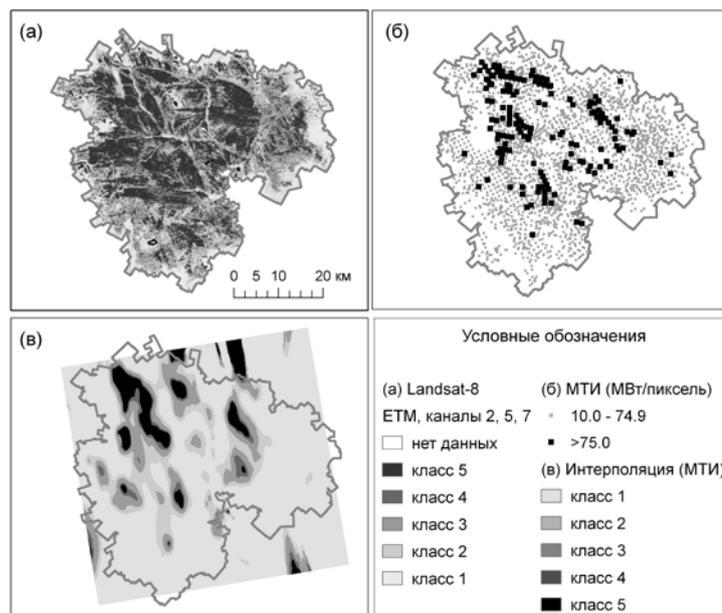


Рис. 1. Классификация полигона пожара с детектированием зон экстремального тепловыделения: (а) оценка уровня воздействия на растительность на основе классификации данных Landsat ETM, (б) распределение данных о мощности тепловыделения на основе обработки съемки TERRA/Modis, (в) оценка уровня воздействия огня на растительность на основе процедуры кригинг-интерполяции по значениям МТИ

Используемый метод успешно адаптирован применительно к условиям горения в лесах Сибири. Зафиксировано, что МТИ от экстремальных и верховых зон горения превышает порог 2σ от среднего значения по полигону пожара ($p < 0,05$). Вероятность дистанционного детектирования пожара в верховой стадии – не ниже 65% согласно результатам валидации по данным наземного обследования. Доля лесных пожаров Сибири с участками экстремального теплоизлучения за рассмотренный период составила $8,0 \pm 2,18\%$. По нашим оценкам, суммарная площадь лесов, пройденных пожарами высокой энергии, включая верховые, составляет не менее 15% от среднегодовой площади лесных пожаров. Для Сибири зафиксирован тренд роста числа пожаров, относимых к экстремальным в терминах МТИ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барталев С.А., Стыцено Ф.В., Егоров В.А., Луян Е.А. Спутниковая оценка гибели лесов России от пожаров // Лесоведение, 2015, 2. С. 83–94.
2. Валендик Э.Н., Иванова Г.А. Пожарные режимы в лесах Сибири и Дальнего Востока // Лесоведение, 2001, 4. С. 69–73.
3. Швецов Е.Г., Пономарев Е.И. Оценка влияния внешних условий на мощность теплоизлучения от лесных пожаров по данным спутникового мониторинга // Сиб. экол. журн., 2015, 3. С. 413–421.
4. Швиденко А.З., Щепаченко Д.Г. Климатические изменения и лесные пожары в России // Лесоведение, 2013, 5. С. 50–61.
5. Boschetti L., Roy D.P. Strategies for the fusion of satellite fire radiative power with burned area data for fire radiative energy derivation // Journ. of Geophys. Res., 2009, 114, D20302.
6. de Groot W.J., Cantin A.S., Flannigan M.D., Soja A.J., Gowman L.M., Newbery A. A comparison of Canadian and Russian boreal forest fire regimes // For. Ecol. and Manag., 2013. 294. Pp. 23–34.
7. Forkel M., Thonicke K., Beer C., Cramer W., Bartalev S., Schmullius C. Extreme fire events are related to previous-year surface moisture conditions in permafrost-underlain larch forests of Siberia // Environ. Res. Lett., 2012, 7, 044021: 9.
8. 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.
9. Krylov A., McCarty J.L., Potapov P., Loboda T., Tyukavina A., Turubanov S., Hansen M.C. Remote sensing estimates of stand-replacement fires in Russia, 2002–2011 // Environ. Res. Lett., 2014, 9, 105007. Pp. 1–8.
10. Kumar S.S., Roy D.P., Boschetti L., and R. Kremens. Exploiting the power law distribution properties of satellite fire radiative power retrievals: A method to estimate fire radiative energy and biomass burned from sparse satellite observations // Journ. of Geophys. Res., 2011, 116. D19303.
11. Mottram G. N., Wooster M. J., Balster H., George C., Gerrard F., and Beisley J. The use of MODIS-derived fire radiative power to characterize Siberian boreal forest fires // Proc. of the 31st international symposium on remote sensing of environment. St. Petersburg, Russia, 2005.

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 14-24-00112).

РАДИОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ СТАРОПАХОТНЫХ ПОЧВ ПРИ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИИ

Т.В. ПОНОМАРЕВА, Е.И. ПОНОМАРЕВ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (bashkova_t@mail.ru, evg@ksc.krasn.ru)

THE INFRARED IMAGERY FOR THE ANALYSIS OF ANTHROPOGENIC SOILS TRASFORMATION DURING REFORESTATION

T.V. PONOMAREVA, YE.I. PONOMAREV

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (bashkova_t@mail.ru, evg@ksc.krasn.ru)

В подтаежной и лесостепной зонах наблюдается процесс зарастания лесом пашен, сенокосов, пастбищ [2]. На заброшенных сельскохозяйственных землях начинается естественное восстановление растительности в соответствии с зональными климатическими условиями, что приводит к изменению состояния старопахотных почв и дальнейшей их эволюции с постепенным восстановлением генетического профиля почвы [1].

При изучении лесовосстановления и процессов почвообразования на залежных землях актуален вопрос диагностики признаков постагрогенной дифференциации бывшего пахотного горизонта. Наиболее консервативны морфологические признаки залежных почв: недифференцированный пахотный горизонт, ровная и контрастная граница пахотного горизонта с нижележащим слоем. Оценка трансформации строения почвенного профиля традиционно проводится на основе морфологического описания почв, которое имеет субъективный характер. При детальном рассмотрении почвенные горизонты оказываются весьма неоднородными, устроенными очень сложно. Радиометрический подход, заключающийся в получении инструментального изображения почвенного профиля в инфракрасном диапазоне и дальнейшей математической обработке значений радиометрических температур, позволяет получить объективные данные морфологического строения почв, распределения температуры и неоднородности по теплофизическим показателям. Изображение теплового поля отображает теплофизическое состояние почв, зависящее от влажности, структуры, плотности, механического состава почв.

Исследования трансформации старопахотных почв в процессе лесовосстановления проведены на территории стационара Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН «Погорельский бор» (56° 24' с. ш., 92° 59' в. д.). Ранее в литературе было отмечено различие в трансформации почвенных свойств на залежах в результате их зарастания хвойными и лиственными древесными породами [4], поэтому в качестве объектов исследования были выбраны залежи с разными вариантами восстановления: зарастающие сосной, мелколиственными породами или травянистой растительностью. Возраст залежей составляет от 7 до 50 лет. В качестве контроля выбраны естественные сосняк разнотравный на серых почвах и многолетний луг, на котором сформирована агросерая почва. Для оценки трансформации профиля почв на контрольных участках и на залежах проведено полевое описание 10 разрезов, дана их морфологическая характеристика, определены физические свойства почв (контактная температура, влажность, плотность). Исследование строения почвенного профиля и распределения теплового поля проведены радиометрическим методом [3]. Выполнена съемка почвенных разрезов портативным радиометром FLIR InfraCam. Изображения, полученные с помощью радиометра в тепловом диапазоне, обработаны процедурой автоматической калибровки. В зависимости от расстояния до стенки почвенного профиля при радиометрической съемке изменяется размер пикселя на получаемом изображении и, соответственно, мощность почвенного слоя, для которого делается измерение. Температура измерена для каждого 0,5 см профиля как в глубину, так и в ширину. В результате для каждого почвенного разреза получен массив значений радиометрических температур. При этом массивы данных составляли от 500 до 5000 значений. По результатам измерений построены пространственные диаграммы распределения температуры и получены подробные изображения теплового поля (тепловые портреты) почвенного профиля.

На тепловых портретах наблюдается изменение строения пахотного горизонта залежных почв под действием корней древесной растительности и в результате накопления опада. Происходит дифференциация ранее гомогенной пахотной толщи, в результате смены растительности формируется органогенный горизонт, стратифицированный на подгоризонты. Почва приобретает строение, аналогичное лесным типам. Вокруг крупных древесных корней образуются области, имеющие более высокую, чем вмещающий слой, температуру, что способствует интенсификации почвенных процессов.

Для оценки распределения тепла в почвенном профиле рассчитаны средние значения температуры почвы по слоям с шагом в 0,5 см. Построены кривые распределения температур в почвенных профилях. Распределение для естественных лесных почв описывается логарифмической функцией с достоверностью аппроксимации $R^2 = 0,98 - 0,99$, для залежных почв распределение описывается логарифмической

функцией, также с высокой достоверностью. Кроме того, с целью оценки неоднородности почвенных горизонтов рассчитаны коэффициенты вариации температуры для каждой глубины. Установлено, что для почв контрольных участков характерна меньшая вариабельность, чем для залежных почв. Наибольшими коэффициентами вариации характеризуется верхняя часть старопахотных почв на глубине до 20–30 см на зарастающих древесной растительностью залежах 7–15-летнего возраста, где под воздействием крупных корней древесных пород происходит значительная трансформация почвенной толщи бывшего пахотного горизонта. На глубине 30–40 см коэффициент вариации температуры в почвах залежей резко снижается. На старых залежах с восстановившимся древостоем сосны 50-летнего возраста вариабельность температуры в профиле почв значительно меньше, чем на молодых залежах.

Таким образом, на молодых зарастающих залежах наблюдается повышенная нестабильность физических свойств, обусловленная интенсивной трансформацией пахотного горизонта. За 50 лет на залежах, зарастающих лесом, основные морфологические и физические параметры почв приближаются к фоновым.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Щенисенко Е.А., Нефедова Т.Т.* Динамика сельскохозяйственных земель России в XX в. и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС., 2010. 416 с.
2. *Владыченский А.С., Телеснина В.М., Иванько М.В.* Изменение гумусного состояния лесных почв европейской территории и Сибири при выводе из сельскохозяйственного использования // Вестник Московского университета. Сер. 17: Почвоведение, 2006, № 3. С. 3–10.
3. *Пономарева Т.В., Пономарев Е.И.* Радиометрическая съемка почвенного профиля в инфракрасном диапазоне // Почвоведение, 2016, № 2. С. 219–226. [Ponomareva T.V., Ponomarev YE.I. Radiometric Study of Soil Profiles in the Infrared Band // Eurasian Soil Science, 2016, vol. 49, is. 2. Pp. 198–204].
4. *Токавчук В.В., Сорокина О.А.* Оценка влияния леса на агрохимические свойства почв залежей лесостепной зоны // Вестник КрасГАУ, 2009, № 6. С. 9–17.

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 14-04-00858-а).

ВЛИЯНИЕ ПЛАНТАЦИЙ БЫСТРОРАСТУЩИХ ФОРМ ДЕРЕВЬЕВ НА БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ ЦИКЛ АЗОТА И УГЛЕРОДА В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ: МОДЕЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ

И.В. ПРИПУТИНА, Г.Г. ФРОЛОВА

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пушкино, Московская обл.
(irina.priputina@gmail.com; zingular@mail.ru)

IMPACT OF THE FAST-GROWING TREES PLANTATIONS ON THE BIOGEOCHEMICAL CYCLES OF CARBON AND NITROGEN IN FOREST ECOSYSTEMS: MODEL ASSESSMENT

I.V. PRIPUTINA, G.G. FROLOVA

Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science, RAS, Pushchino, Moscow oblast
(irina.priputina@gmail.com; zingular@mail.ru)

Планируемая интенсификация лесного сектора России делает актуальным прогноз эффективности создания целевых лесов и лесовосстановления на основе плантаций лесных культур. В мировой практике наблюдается интерес к экономической оценке целесообразности использования быстрорастущих плантаций с целью получения сырья для ЦБК или биотоплива [7, 8, 12]. Также лесные плантации упоминаются в стратегии снижения выбросов парниковых газов [10]. Но одновременно встают вопросы сохранения экосистемных функций лесов и плодородия почв при замене естественных экосистем на одновидовые сообщества быстрорастущих видов деревьев [11, 13]. В нашей стране и за рубежом имеется богатый опыт исследований по созданию высокопродуктивных лесных культур [3], тогда как влияние лесных плантаций на почвенные характеристики в мировой науке практически не изучено [9]. В этих условиях инструментом прогнозных оценок могут быть математические модели, в частности, модели продукционного процесса и биогенного масс-баланса элементов, которые позволяют количественно описать потоки органического вещества и элементов питания в системе «древостой – почва» [5].

Задача оценки влияния плантаций быстрорастущих форм деревьев на биогенный цикл углерода (С) и азота (N) в лесных экосистемах решалась нами в модельном эксперименте с использованием системы моделей EFIMOD [6] на примере почвенно-климатических условий южнотаежной подзоны ЕТР. Имитировался рост плантаций нативной и модифицированных форм березы в коротком обороте рубки (30 лет) на дерново-подзолистых почвах (табл.). Использованные в модели EFIMOD параметры роста нативной формы березы были получены ранее из литературных данных [1]. В качестве биотехнологических форм рассмотрены березы генетических линий F14GS6a и F14GS13b, созданные в лаборатории лесной биотехнологии ФИБХ РАН на базе клона Бп3ф1. По сравнению с нативными формами для этих клонов характерна повышенная продукция древесины на единицу массы листвы [2]. Лесохозяйственные сценарии имитировали разные схемы посадок деревьев на плантации и различные лесохозяйственные мероприятия (с применением или без применения удобрений, с промежуточными рубками ухода и без). Влияние быстрорастущих видов на почвенное плодородие оценивалось по разности почвенных пулов С и N на начальном и конечном (30-м) шаге моделирования.

Таблица. Начальные запасы органического вещества и азота в моделируемой почве (рассчитано по данным ЕГРПР [4])

Тип почвы и характер землепользования	Почвенные горизонты	Запасы (в слое 0–50 см), кг м ⁻²	
		Органическое вещество (ОВ)	Азот
Дерново-подзолистые мелко- и неглубокоподзолистые под лесом	Органические	1,494	0,028
	Минеральные	5,889	0,366

Результаты модельного эксперимента свидетельствуют о различиях в интенсивности ростовых процессов между нативной и трансгенными формами березы; повышенный прирост биомассы у трансгенных клонов становится заметным начиная с 5–7 шага моделирования. Клоны линии F14GS6a отличаются большей продуктивностью по сравнению с клонами F14GS13b. Согласно результатам оценок, в 30-летнем обороте рубки за счет использования трансгенных форм березы прибавка хозяйственно ценной древесины по сравнению с плантациями нативных форм может составить 0,5–1,5 кг С м⁻² или 5–15 т С га⁻¹ в зависимости от клона и конкретных почвенно-климатических условий участка плантации. В процентном отношении это соответствует получению дополнительно 10–20% продукции биомассы.

Динамика запасов элементов почвенного питания при создании лесных плантаций связана с изменением количества и состава растительного опада (особенно при замене хвойных лесов на лиственные породы). Выполненные расчеты свидетельствуют о заметном сокращении почвенного пула С в первые годы роста березовых плантаций (рис.). Начиная с 7–10 шага моделирования модель показывает повы-

шение суммарных запасов С в почве, которое было максимальным для березовых древостоев линии F14GS6a и минимальным в плантации нативной березы.

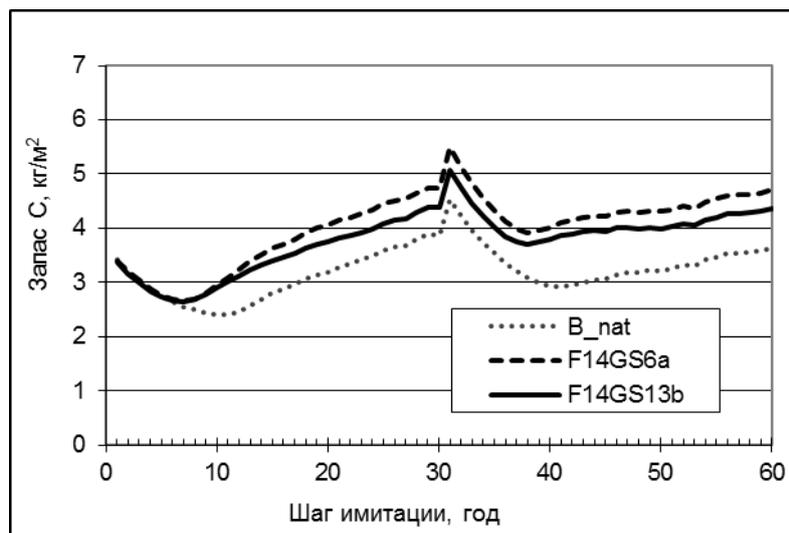


Рис. Динамика запасов С в почве плантаций нативной (B_nat) и модифицированных форм березы (плотность посадки – 1670 шт. га⁻¹; схема посадки 2 x 3 м; без промежуточных рубок ухода и внесения удобрений)

Влияние березовых плантаций на почвенные запасы азота проявляется в сокращении его суммарного пула, которое без применения удобрений не компенсируется даже за счет поступления в почву порубочных остатков после рубки главного пользования, хотя березовый опад отличается более высоким содержанием азота по сравнению с типичными для южной тайги хвойными видами. Общие потери N за два 30-летних оборота рубки для плантаций нативной формы березы оцениваются в 0,1–0,15 кг N м⁻², а для трансгенных клонов линий F14GS6a и F14GS13b они несколько ниже (< 0,1 кг N м⁻²). Частично эти потери почвенного плодородия могут быть компенсированы за счет внесения азотных минеральных удобрений, но потребуют дополнительных финансовых затрат.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Моделирование* динамики органического вещества в лесных экосистемах / отв. ред. В.Н. Кудеяров. М.: Наука, 2007.
2. *Отчет* о НИР по теме «Разработка математических моделей оценки и прогнозирования продуктивности древостоя, круговоротов азота и углерода в искусственных лесных экосистемах». Пущино: ИФХиБПП РАН, 2015.
3. *Лесные* плантации / отв. ред. И.В. Шутов. М.: Лесная пром-ть, 1984.
4. *Единый* государственный реестр почвенных ресурсов России: [Электронный ресурс]. URL: <http://egrpr.esoil.ru/egrpr.php?show=list; ID=38>.
5. Almeida A.C., Landsberg J.J., Sands P.J. Parameterisation of 3PG model for fast-growing Eucalyptus grandis plantations // For. Ecol. Manag., 2004, 193 (1): 179–195.
6. Komarov A.S., Chertov O.G., Zudin S.L., et al. EFIMOD 2 – a model of growth and cycling of elements in boreal forest ecosystems // Ecol. Model. 2003, 70: 373–392.
7. Nabuurs G.J., Schelhaas M.J. Spatial distribution of whole-tree carbon stocks and fluxes across the forests of Europe: where are the options for bio-energy? // Biomass and Bioenergy, 2003, 24: 311–20.
8. Peterson E.B., Bonnor G.M., Robinson G.C., et al. Carbon sequestration aspects of an afforestation program in Canada's Prairie Provinces. Report prepared for Joint National Climate Change Process Forest Sector. Nawitka Renewable Resource Consultants, April 1999.
9. Vallet P. Species substitution for carbon storage: Sessile oak versus Corsican pine in France as a case study // For. Ecol. and Manag., 2009, 257: 1314–1323.
10. Van Kooten G.C., Kramar-Nozic E., Stennes B., van Gorkom R. Economics of fossil fuel substitution and wood product sinks when trees are planted to sequester carbon on agricultural lands in Western Canada // Can. J. of For. Res., 1999, 29: 1669–1978.
11. Wei H.D., Ma X.Q. A study on the carbon storage and distribution in Chinese fir plantation ecosystem of different growing stages in mid-subtropical zone // J. of Jiangxi Agric. Univ., 2006, 28 (2): 239–245.
12. Yemshanov D., McKenney D. Fast-growing poplar plantations as a bioenergy supply source for Canada // Biomass and Bioenergy, 2008, 32(3): 185–197.
13. Zhao M., Xiang W., Peng C., Tian D. Simulating age-related changes in carbon storage and allocation in a Chinese fir plantation growing in southern China using the 3-PG model // For. Ecol. and Manag., 2009, 257: 1520–1531.

СИСТЕМА РУБОК И ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ НА ЭКОЛОГО-ГЕНО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ

С.Н. САННИКОВ, Н.С. САННИКОВА, И.В. ПЕТРОВА

Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург (sannikovanelly@mail.ru)

FELLINGS SYSTEM AND NATURAL REGENERATION OF PINE FORESTS ON ECOLOGICAL-GENETIC-GEOGRAPHICAL BASIS

S.N. SANNIKOV, N.S. SANNIKOVA, I.V. PETROVA

Botanical Garden UB RAS, Ekaterinburg (sannikovanelly@mail.ru)

Леса России, в отличие от лесов Центральной Европы, представлены естественными экосистемами и на 90% возобновляются естественным путем. Вероятно, в обозримом будущем принцип их самовозобновления как наиболее экологичный, рентабельный и обеспечивающий сохранение природного генофонда и стабильность популяций будет доминировать в стратегии лесовосстановления в РФ.

После сплошных рубок – основного способа главного пользования в сосновых лесах (с доминированием *Pinus sylvestris* L.) – все компоненты и факторы среды биогеоценозов резко нарушаются, не соответствуя экологическим требованиям самосева сосны. Количество оставленных семенных деревьев (3–5%) и сохранившегося подроста «предварительных» генераций крайне недостаточно для воспроизводства морфоструктуры и генофонда («перепромысел популяций!»), а подготовка субстрата под самосев после рубки почти не проводится из-за отсутствия специальной техники. В итоге исследований, проведенных в сосновых лесах различных подзон Западной Сибири [3], изучены экогеографические закономерности структуры и семеношения древостоев, динамики факторов среды и естественного возобновления сосны на сплошных вырубках и гарях. На их основе выявлены, теоретически обоснованы и апробированы оптимальные – адекватные эволюционной биологии *P. sylvestris* – принципы и способы рубок главного пользования и мер содействия ее возобновлению в равнинных сосновых лесах [6, 5]. Анализ и обоснование экогеографических и генетических принципов этой системы рубок – цель настоящего доклада.

Подходы и методы. Сравнительное изучение, выбор и обоснование способов и лесоводственных параметров системы рубок и естественного возобновления ценопопуляций сосны проведены на основе взаимосвязанных методических подходов: эволюционно-биологического, лесотиполого-экологического, популяционно-генетического и зонально-географического. Количественное изучение влияния различных вариантов рубок, размещения стен леса, семенных куртин, деревьев и обработки почвы под самосев на распределение семян, лимитирующие факторы напочвенной среды и параметры динамики численности, жизнеспособности, роста и развития самосева сосны выполнено на основе широкого комплекса междисциплинарных методов лесной биологии, детально описанных ранее [3].

Популяционно-биологические основы. В итоге исследований в сосновых лесах 7 подзон Западной Сибири – от предлесотундры до степи – и обобщения литературы выявлены следующие особенности биологии *P. sylvestris*, синтезированные в теории петропсаммофитности-пирофитности [2]. Сосна обыкновенная – типичный эксплерент-пирофит и, в отличие от видов темнохвойных, наиболее адаптирована к возобновлению не под пологом или в «окнах» древостоя, а на открытых гарях или механически минерализованных субстратах с куртинно или чересполосно сохранившимся древостоем и обсеменением. Это подтверждается гелиофильностью, олиготрофностью, засухо- и морозоустойчивостью ее самосева и деревьев, дальним распространением семян, успешным возобновлением, ростом, устойчивостью и доминированием на гарях или сплошных вырубках. Подрост сосны не выдерживает длительной световой и корневой конкуренции древостоя. В генеративно-генетической сфере это отчетливо самостерильный ксеногамный вид, у отдельных деревьев которого из-за недоопыления извне и отпада рецессивных гомозиготных эмбрионов число полных семян в шишках на 20–30% меньше, чем в куртинах древостоя [1, 7]. Приоритетную роль в наследовании генофонда на вырубках играют налет семян от стен или куртин материнского древостоя и сохранение подростка.

Лесотиполого-географические закономерности семеношения и возобновления. Эмпирической основой разработки параметров системы «рубка – возобновление» в суходольных типах сосновых лесов (лишайниковой, зеленомошной и мелкотравно-зеленомошной групп) различных подзон Западной Сибири служили следующие закономерности [5]: 1. Клинальное увеличение среднегодовых урожаев полных семян со 120–160 тыс./га в северной тайге до 1060–1630 тыс./га в северной лесостепи. 2. Достаточная численность самосева сосны (4–7 тыс. экз./га) на расстоянии до 3 высот древостоя от его стен на вырубках «летнего» сезона (с минерализацией 5–15% поверхности почвы в ходе рубки) и на порядок меньшая (0,5–2,0 тыс. экз./га) на «зимних» вырубках. 3. Высокая сохранность после рубки жизненного

подроста сосны в сосняках лишайниковых и бруснично-лишайниковых (4–47 тыс. экз./га), в 3–4 раза меньшая в бруснично-чернично-зеленомошных (1–10 тыс. экз./га) и на порядок меньшая (0,2–1,0 тыс. экз./га) в сосняках чернично-зеленомошных лесной зоны. 4. В несколько раз меньшая, чем в предлесостепи (несмотря на в 2–3 раза большее семеношение) плотность самосева сосны на вырубках, в лесостепи, выживающего лишь в тени стен леса во «влажные» вегетационные сезоны.

Выбор и экспериментальное обоснование системы «рубка – возобновление». На основании обобщения особенностей эволюционной биологии вида *Pinus sylvestris* и экогеографических закономерностей структуры и возобновления его ценопопуляций в качестве оптимального видоспецифичного способа рубок главного пользования в равнинных эксплуатационных сосновых лесах лесной зоны нами избрана и предлагается система сплошных чересполосных рубок с достаточной степенью обсеменения вырубок от семенных куртин и стен леса и минерализации поверхности почвы.

Высокая возобновительная эффективность и лесоводственные параметры этой системы с применением оригинального агрегата [4] для экологически оптимальной минерализации почвенного субстрата (с его одновременным рыхлением) экспериментально обоснованы на примере преобладающих типов суходольных сосновых лесов подзоны предлесостепи Западной Сибири – сосняков бруснично-чернично-зеленомошного и чернично-зеленомошного (рис.).

С помощью методов имитационного математического моделирования параметров плотности жизненного самосева сосны в зависимости от площади и размещения источников семян и степени минерализации почвы определены параметры системы «рубка – возобновление», гарантирующие достаточную успешность последующего возобновления сосны (при обсеменении от семенных куртин, стен леса и отдельных семенных деревьев и разных уровнях численности сохранившегося подроста). Обоснованы разносторонние лесоводственно-экологические и репродуктивно-генетические преимущества оставления семенных куртин вместо отдельных семенных деревьев.

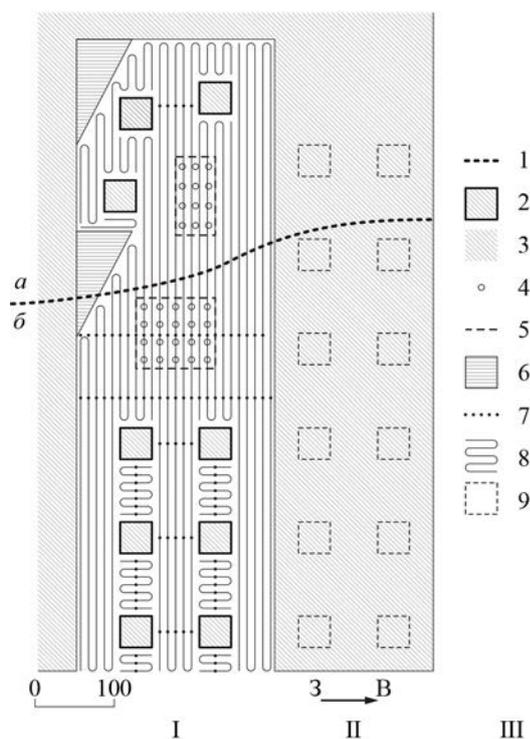


Рис. Схема экспериментальной сплошной рубки и мер по оптимизации естественного возобновления в сосновых лесах предлесостепи Западной Сибири. 1 – граница между типами леса «сосняк чернично-зеленомошный» (а) и «сосняк бруснично-чернично-зеленомошный» (б), 2 – семенные куртины (размером 40 × 40 м) на вырубке I заруба чересполосной рубки, 3 – стены леса, 4 – семенные деревья, 5 – границы пробных площадей с семенными деревьями, 6 – молодняки сосны предварительных генераций, 7 – серии учетных площадок, 8 – схема обработки почвы под самосев сосны, 9 – семенные куртины, отведенные на лесосеке II заруба, I – опытная вырубка I заруба, II – лесосека II заруба.

На основе параметров структуры и возобновления ценопопуляций сосны в различных подзонах и типах леса Западной Сибири разработана зонально-дифференцированная система рубок и мер оптимизации возобновления в климатически замещающих типах сосновых лесов Западной Сибири на эколого-географической основе. Ее принципы в лесной зоне сводятся к имитирующим структуру естественных лесов сплошным чересполосным рубкам с инсеминацией от семенных куртин и стен леса, а в лесостепи – к оригинальному способу котловинных рубок с обсеменением и затенением от окружающих стен леса (в обоих случаях – с минерализацией субстрата). Подходы и методы предлагаемой апробированной рентабельной и эффективной

системы «рубка – возобновление» применимы в равнинных сосновых и лиственнично-сосновых лесах Западной и Средней Сибири и Центральной Якутии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ромедер Э., Шенбах Г. Генетика и селекция лесных пород. М.: Сельхозиздат, 1962. 268 с.
2. Санников С.Н. Циклически-эрозионно-пирогенная теория естественного возобновления сосны обыкновенной // Экология, 1983, № 1. С. 10–20.
3. Санников С.Н. Экология и география естественного возобновления сосны обыкновенной. М.: Наука, 1992. 264 с.
4. Санников С.Н., Санников Д.С., Токарев Б.В. Агрегат для подготовки лесной почвы (описание изобретения к патенту Российской Федерации № 2183918). М., 2002. С. 1–10.
5. Санников С.Н., Санникова Н.С., Петрова И.В. Естественное лесовозобновление в Западной Сибири. Эколого-географический очерк. Екатеринбург: УРО РАН, 2004. 198 с.

6. Санников С.Н., Санникова Н.С., Петрова И.В., Санников Д.С. Рекомендации по содействию естественному обновлению главных лесобразующих пород в равнинных лесах Западной Сибири на зонально-лесотипологической основе. Екатеринбург: НИСО УрО РАН, 1999. 47 с.
7. Koski V. Embryonic lethals of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* // Comm. Inst. For. Fenn., 1971, № 3. Pp. 1–30.

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа выполнена при поддержке Комплексных программ Уральского отделения РАН (проекты № 15-12-4-13 и 15-12-4-21).

ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ ЛЕСНЫЕ ПОЛОСЫ С БАРЬЕРОМ ИЗ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ВЕРХОВЫХ ПОЖАРОВ

С.Н. САННИКОВ, Г.Г. ТЕРЕХОВ, Н.С. САННИКОВА

Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург (sannikovanelly@mail.ru)

FIRE-PREVENTION FOREST STRIPES WITH BARRIER FROM DECIDUOUS SPECIES FOR PROTECTION FROM CROWN FIRES

S.N. SANNIKOV, G.G. TEREKHOV, N.S. SANNIKOVA

Botanical Garden UB RAS, Ekaterinburg (sannikovanelly@mail.ru)

На фоне быстрого потепления климата и повышения частоты и интенсивности лесных пожаров одной из приоритетных проблем национальной безопасности России становится разработка системы предотвращения распространения катастрофических верховых пожаров. Мировой опыт борьбы с пожарами показал, что эффективным барьером распространению сильного верхового пожара в хвойном массиве может быть лишь достаточно широкая лесная полоса из лиственных видов деревьев – «лиственный лесной барьер», фитомасса которого способна поглотить энергию верхового пожара и перевести его в низовой, тушение которого возможно техническими средствами. Однако параметры перехода верхового пожара в низовой в зависимости от климата, интенсивности пожаров и структуры лиственных барьеров почти нигде не изучены.

Цель настоящего доклада – анализ результатов изучения барьерной роли лесных полос (с доминированием березы) по отношению к верховым пожарам в островных борах лесостепи Курганской области и обоснование принципов создания противопожарных лесных полос с «лиственным барьером» для защиты лесов, населения и промышленных объектов от верховых пожаров.

Объекты и методы. Количественное натурное изучение последствий катастрофического верхового пожара проведено на горях в сосновых лесах в северной лесостепи Западной Сибири (Курганская область, Просветское лесничество). Этот пожар, развивавшийся на фоне суховея из Центральной Азии (при температуре воздуха до 32 °С и скорости ветра до 15–20 м/с), уничтожил здесь свыше 30 000 га древостоев сосны. Объектами для изучения влияния лиственных лесных барьеров (далее «лиственных барьеров, или ЛБ») на динамику верхового пожара были пройденные им березняки таволгово-тростниково-осоковые с преобладанием берез повислой и пушистой, приуроченные к долинам ручьев. С этой целью заложено 7 пробных площадей размером 0,6–1,0 га в полосах спелых березняков шириной от 100 до 200 м средней полноты (0,6–0,7). Основным подходом для изучения влияния лесных лиственных барьеров на распространение верхового пожара и его переход в низовой была ретроспективная оценка его теплового воздействия на древостой березы. В качестве критерия, отражающего «силу пожара» (интегральную дозу тепла его горения), применена высота нагара на стволах деревьев березы. На каждой пробе она определена на круговых учетных площадках (радиусом 5 м, площадью 75 м²), расположенных через 20 м на трех трансектах, ориентированных поперек ЛБ. Связи высоты нагара на стволах деревьев с расстоянием от начала ЛБ выявлены путем регрессионного анализа [3].

Результаты и их обсуждение.

Динамика перехода верхового пожара в низовой. На рисунке 1а приведена связь ($R^2 = 0,70$, $p < 0,05$) высоты нагара на стволах деревьев березы с расстоянием от начала полосы ее древостоя при высокой силе верхового пожара, развившегося в чистом (10С) сомкнутом (полнотой 0,9–1,0) суходольном культурном молодняке сосны 30-летнего возраста высотой 13,5 м, вплотную примыкающем к ЛБ.

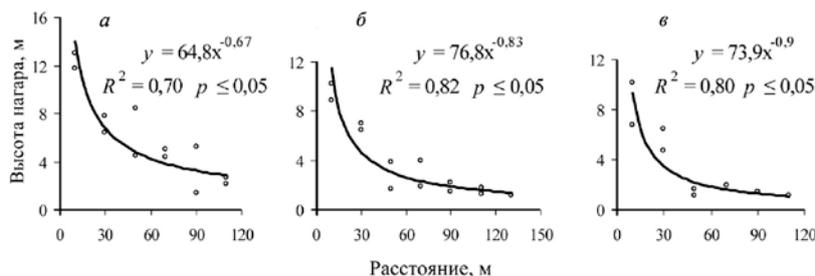


Рисунок. Переход верхового пожара различной силы в низовой пожар под влиянием полосы березового леса. а – сильный верховой пожар, б – верховой пожар средней силы, в – верховой пожар слабой силы

Высокая степень теплового воздействия на древостой отражается средней высотой нагара на стволах деревьев березы 12–13 м и почти полным выгоранием их крон на расстоянии до 10 м от фронтальной границы березняка. Далее высота нагара, гиперболически уменьшаясь, быстро снижается до 7–8 м на расстоянии 30 м и до 5–7 м на расстоянии 50 м, а на расстоянии 130 м стабилизируется на уровне около 2,0 м. Это означает надежную

трансформацию верхового пожара в низовой по высокотравью с высотой пламени 1,0–1,5 м. Первые живые деревья отмечены лишь на расстоянии 70–90 м от начала березняка. При меньшей силе верхового пожара, отражаемой более низкой начальной высотой стволового нагара (9,5–10,5 м), кривые снижения высоты нагара по мере продвижения фронта огня вглубь листовенного барьера характеризуются большей крутизной (рис. б). Вероятно, это обусловлено сравнительно низкой полнотой (0,6–0,7) сгоревшего древостоя сосны или меньшими температурой воздуха и скоростью ветра в утренние или вечерние часы дня. В случае распространения флангового верхового пожара (рис. в) относительно низкой силы – с начальной высотой нагара 7,5 м по березняку сравнительно высокой полноты (0,65–0,70) – его 50-метровой ширины было достаточно для перевода кронового пожара в низовой. В общем, при сильном верховом пожаре (рис. а) минимально необходимая ширина листовенного барьера в условиях засушливого климата лесостепи Западной Сибири составляет 130 м, а с 20-процентным запасом надежности – 150 м. Эту величину следует принять за основу для проектирования здесь достаточно эффективных листовенных барьеров, препятствующих распространению интенсивного верхового пожара.

Типы противопожарных лесных полос на базе листовенных барьеров. Для профилактики распространения тотального верхового и низового пожара противопожарная лесная полоса (ПЛП) должна представлять собой не только базовый листовенный лесной барьер, прекращающий верховое горение, но и целостную систему других конструктивно взаимосвязанных компонентов – вспомогательных лесных и почвенных минерализованных полос и т. д., в совокупности обеспечивающих полную локализацию и тушение пожара. В зависимости от назначения ПЛП целесообразны различные типы конструкций ПЛП с обязательным включением в них ЛБ в качестве базового компонента.

Магистральная ПЛП I порядка (МПЛП). Предназначена для защиты крупного и ценного хвойного лесного массива от распространения высокоинтенсивного верхового и низового пожара. Она размещается поперек преобладающего в пожароопасный сезон направления розы ветров и включает: 1. Базовый лесной листовенный барьер (ЛБ) шириной 150 м. 2. Буферную зону (БЗ) разреженного до полноты 0,5 древостоя шириной 100 м, очищенную от сухостоя, деревьев второго яруса, напочвенных горючих материалов и регулярно отжигаемую [1], окаймленную двойной минерализованной полосой. Назначение БЗ – снизить интенсивность верхового пожара на подходе к ЛБ, стимулируемого интенсивным низовым пожаром [4, 2]. 3. Зону локализации и тушения (ЗЛТ) низового пожара – полосу древостоя (100 м), как и в БЗ, разреженного до полноты 0,5, окаймленную с тыла минерализованной полосой, полосой отжига покровы и дорогой для доставки пожарных. Принцип размещения МПЛП – приоритетное использование естественных ландшафтных барьеров: полос листовенного древостоя, приуроченных к долинам рек, ручьев, логов или болотам. Противопожарная лесная полоса II порядка с ЛБ меньшей ширины (100 м) и такими же БЗ и ЗЛТ, как на МПЛП, создается как барьер для распространения верхового пожара на границах лесничеств и крупных блоков хвойного массива. Противопожарные лесные полосы III порядка, создаваемые для защиты от верхового пожара с обеих сторон безлесных полос железнодорожных, автомобильных и энергетических трасс (линий электропередачи, газо- и нефтепровода), также включают буферную зону (100 м) и листовенный барьер (шириной 100 м). В ПЛП вокруг населенных пунктов в лесу ширина ЛБ увеличивается, как минимум, до 150 м, а минерализованные полосы и ЗЛТ дублируются. При этом зона застройки не должна быть ближе 200 м к опушке листовенного и 300 м к опушке хвойного леса.

Принципы создания листовенных лесных барьеров. Основным наиболее эффективным и рентабельным способом создания листовенных лесных барьеров в лесной и лесостепной зонах является использование естественного возобновления берез повислой и пушистой и осины. Численность их подроста на сплошных вырубках (на 90% вегетативного происхождения), как правило, не менее 2–3 тыс. экз./га, а в сосняках на влажных почвах (черничниках, долгомошных и злаково-мелкотравных) – более 5–10 тыс. экз./га. Формирование ЛБ обеспечивается путем устранения с вырубленной полосы ЛБ всего подроста и деревьев хвойных, начиная со стадии смыкания крон молодняка. В прогалах проводится содействие появлению самосева листовенных видов путем минерализации почвы.

При недостаточном возобновлении березы и осины на вырубленных под ЛБ полосах древостоев необходима посадка (или подсадка) культур березы или тополя бальзамического, а также видов второго яруса – липы (*Tilia cordata*) и местных или интродуцированных кустарников. Необходима опытная разработка региональных схем, ассортимента и технологии создания конструкций устойчивых и эффективных культурных ЛБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Валендик Э.Н., Матвеев П.М., Софронов М.А. Крупные лесные пожары. М.: Наука, 1979. 198 с.
2. Курбатский Н.П. Техника и тактика тушения лесных пожаров. М.: Гослесбумиздат, 1962. 154 с.
3. Лакин Г.Ф. Биометрия. Учеб. пособие для биол. спец. вузов. М.: Высш. шк., 1980. 352 с.
4. Молчанов В.П. Условия распространения верховых пожаров в сосняках // Лесное хозяйство, 1957, 8. С. 50–53.

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа выполнена при поддержке Комплексных программ Уральского отделения РАН (проекты № 15-12-4-13 и 15-12-4-21).

РОСТ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ ДЕРЕВЬЕВ В КОЛЛЕКЦИИ ИНСТИТУТА ЛЕСА ИМ. В.Н. СУКАЧЕВА СО РАН

М.И. СЕДАЕВА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (msedaeva@ksc.krasn.ru)

EXOTIC TREES GROWTH IN COLLECTION OF V.N. SUKACHEV INSTITUTE OF FOREST SB RAS

M.I. SEDAeva

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (msedaeva@ksc.krasn.ru)

Одной из важнейших задач интродукции древесных растений является введение в культуру новых видов для повышения продуктивности и качества лесов. Большую научную и практическую ценность представляют собой существующие живые коллекции древесных растений, поскольку полученный при их создании многолетний опыт позволяет оценивать успешность интродукции.

В Институте леса им. В.Н. Сукачева СО РАН более 50 лет проводятся исследования по интродукции и селекции древесных растений. В двух дендрариях накоплен большой опыт выращивания местных и инорайонных деревьев, кустарников и лиан. Первый дендрарий был создан в 1966–1972 гг., он расположен на территории экспериментального хозяйства (ЭХ) института «Погорельский бор», находящегося в 40 км к северу от Красноярска. Здесь прошли испытание более 400 видов древесных растений из разных ботанико-географических областей [3]. К настоящему времени в дендрарии сохранились представители около 120 видов [4]. Дендрарий Института леса в красноярском Академгородке заложен в 1977 г. К 1991 г. его коллекция насчитывала 406 видов, разновидностей и форм древесных растений [2]. Сейчас в экспозиции дендрария представлены около 200 видов. В составе дендрологической коллекции Института леса присутствуют растения из разных областей Северного полушария. Здесь представлены различные жизненные формы древесных растений: деревья – 34%, кустарники – 56% и лианы – 10%.

Взрослые экземпляры интродуцированных деревьев произрастают как в первом дендрарии, где их возраст составляет 50 лет, так и во втором, где они моложе – 34–39 лет (табл.). Многие деревья не повреждаются морозом и обильно плодоносят в обоих дендрариях, хотя в условиях Академгородка большинство из них достигают больших размеров. Среди них есть растения с ценными биологическими свойствами. Например, *Fraxinus pennsylvanica* – ясень пенсильванский, который быстро растет, развивает мощную корневую систему и сохраняет порослевую способность до 80–130 (200) лет [1]. Древесина ясени крепкая, твердая, вязкая и упругая, она ценится в машиностроении и в мебельном производстве. Кора и семена содержат лекарственные вещества, листья охотно поедает скот. *Acer ginnala* – клен Гиннала, *Padus maackii* – черемуха Маака, *Prunus pennsylvanica* – слива пенсильванская, *Picea pungens* – ель колючая, *Pyrus ussuriensis* – груша уссурийская и *Tilia cordata* – липа мелколистная являются прекрасными парковыми деревьями, пищевыми и медоносными растениями. Некоторые деревья прекрасно себя чувствуют в Академгородке, а в ЭХ «Погорельский бор» являются ослабленными. Это, например, *Acer platanoides* – клен остролистный, *Acer mono* – клен мелколистный, *Juglans manshurica* – орех маньчжурский, *Phellodendron amurense* – бархат амурский и *Quercus mongolica* – дуб монгольский. Их целесообразно использовать в условиях Красноярска и в районах Сибири с более мягким климатом. Часть видов деревьев представлена либо только в первом дендрарии, либо только во втором. Среди них такие необычные, как красиво цветущие *Armeniaca mandschurica* – абрикос маньчжурский и *Maackia amurensis* – маакия амурская; березы с декоративной корой *Betula davurica* – береза даурская и *Betula papyrifera* – береза бумажная; ели с сизой густой короткой хвоей и оригинальными шишками *Picea glehnii* – ель Глена и *Picea mariana* – ель черная. Многие виды интродуцированных деревьев заслуживают широкого использования в лесокультурном деле, в защитном и мелиоративном лесоразведении, а также при озеленении населенных мест.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Деревья и кустарники СССР. Дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции.* Т. V / под ред. С.Я. Соколова. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 544 с.
2. *Лоскутов Р.И.* Интродукция декоративных древесных растений в южной части Средней Сибири. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1991. 189 с.
3. *Протопопова Е.Н.* Новые древесные породы Сибири. Москва: Изд-во «Наука», 1966. 104 с.
4. *Лоскутов Р.И., Седаева М.И.* Краткая характеристика дендрологической коллекции Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН // Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика: матер. Всерос. науч. конф. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. С. 86–89.

Таблица. Биологические показатели интродуцированных деревьев в коллекции Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН

Видовое название	*	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр на 1,3 м, см	Повреждения морозом	Плодоношение
1) <i>Abies nephrolepis</i> Maxim.	A	39	7–12	10–17,5	–	+
2) <i>Acer barbinerve</i> Maxim.	A	34	0,5–2	1,5–3	+	+
3) <i>Acer campestre</i> L.	П	50	1,3–1,6	0,8–1,2	+	–
4) <i>Acer ginnala</i> Maxim.	П	50	4–7	2–12	–	+
	A	39	4–6	2,5–7,7	–	+
5) <i>Acer glabrum</i> Torr.	A	39	2,5–4	1–2	–	+
6) <i>Acer mono</i> Maxim.	П	50	2–5	1,5–4,5	–	+
	A	39	6,5–9,5	3–11,5	+	+
7) <i>Acer negundo</i> L.	П	50	3,5–6	1,5–6	–	+
	A	31	11–16	9,5–18,5	–	+
8) <i>Acer platanoides</i> L.	П	50	2–4,5	1,5–8	+	–
	A	39	6–9	3–17	–	+
9) <i>Acer tataricum</i> L.	П	50	3–4,5	1,5–4	–	+
	A	39	4–7	2–10,5	–	+
10) <i>Armeniaca mandshurica</i> Kostina	A	34	5–11,5	7,5–16,5	–	+
11) <i>Betula davurica</i> Pall.	A	39	9,5–12	13–14	–	+
12) <i>Betula papyrifera</i> Marsh.	A	39	10–13,5	15–25	–	+
13) <i>Frangula alnus</i> Mill.	П	50	3–6	2–6,5	–	+
14) <i>Fraxinus mandshurica</i> Rupr.	A	34	4,5–8	2,5–10	+	–
15) <i>Fraxinus pensylvanica</i> Marshall	П	50	6–13,5	4–13,5	–	+
	A	38	9–13	10,5–18,5	–	+
16) <i>Fraxinus rhynchophylla</i> Hance	П	50	2,5–3,5	1,5–4	+	–
17) <i>Juglans manshurica</i> Miq.	П	50	1–4,5	1,5–8,5	+	–
	A	34	7–12	9–17	–	+
18) <i>Juniperus communis</i> L.	A	39	5–7,5	2–6	–	–
19) <i>Larix decidua</i> Wall.	A	39	6–20	13–31	–	+
20) <i>Larix gmelinii</i> (Rupr.) Kusen.	A	41	13,5–16	23–28,5	–	+
21) <i>Maackia amurensis</i> Rupr.	П	50	5,5–9	10–15	+	+
22) <i>Padus maackii</i> (Rupr.) Kom.	П	50	5–13	3–15,5	–	+
	A	38	7–10,5	4–14	–	+
23) <i>Prunus pensylvanica</i> (L.f.) comb. nova.	П	50	3,5–4,5	2–6	–	+
	A	38	5–7,5	2,5–8	–	+
24) <i>Padus virginiana</i> (L.) Mill.	П	50	1,5–3	1–3	+	+
	A	39	2–4,5	1,5–5,5	–	+
25) <i>Phellodendron amurense</i> Rupr.	П	50	4–7	4,5–14,5	+	–
	A	39	3–6	3–13,5	–	+
26) <i>Picea glehnii</i> Mast.	П	50	6–12,5	6,5–18,5	–	+
27) <i>Picea mariana</i> BSP	П	50	11–14	11–31	–	+
28) <i>Picea pungens</i> Engelm.	П	50	17,5–18	22,5–31,5	–	+
	A	39	10,5–19	17–34	–	+
29) <i>Pinus koraiensis</i> Siebold et Zucc.	П	50	9–14,5	11,5–31,5	–	+
30) <i>Pseudotsuga menziesii</i> Franco	П	50	7,5	9	+	–
31) <i>Pyrus ussuriensis</i> Maxim.	П	50	5–6	5–23	+	+
	A	38	5–9	6,5–13,5	–	+
32) <i>Quercus mongolica</i> Fisch. ex Turcz.	П	50	3–6	3,5–8	+	–
	A	39	6–13,5	5–14	–	+
33) <i>Quercus robur</i> L.	П	50	1,5–10	3,5–14,5	–	+
	A	39	5–11	4–17	–	–
34) <i>Thuja occidentalis</i> L.	П	39	2	1,5	–	+
	A	39	6,5–7	1,5–8	–	+
35) <i>Tilia amurensis</i> Rupr.	П	50	11,5–14,5	7,5–21,5	–	+
36) <i>Tilia cordata</i> Bush	П	50	9–16	10–36,5	–	+
	A	38	9–17	9–26	–	+
37) <i>Ulmus glabra</i> Huds.	A	34	4,5–7	5,5–10,5	–	+
38) <i>Ulmus japonica</i> Sarg.	П	50	6–8,5	6,5–11,5	–	+
39) <i>Ulmus laevis</i> Pall.	П	50	6,5–9	5,5–14	–	+
40) <i>Ulmus pumila</i> L.	П	50	2–6,5	2,5–12,5	–	+
	A	34	4,5–15	7,5–23	–	+

Примечание. Места произрастания образцов: П – ЭХ «Погорельский бор», А – дендрарий Академгородка.

ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ЛЕСОВ СИБИРИ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ТИПОЛОГИИ

В.Н. СЕДЫХ

Западно-Сибирский филиал Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Новосибирск (tayga-eko@rambler.ru)

THE FOREST INVENTORY IN SIBERIA ON THE BASIS OF GENETIC TYPOLOGY

V.N. SEDYKH

West-Siberian branch of V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Novosibirsk (tayga-eko@rambler.ru)

В докладе обсуждается вопрос перспективности использования генетической типологии в инвентаризации лесов, что позволит беспрепятственно приступить к широкому внедрению новых инновационных технологий в лесопользование Сибири.

Инвентаризация лесов России направлена не только на получение традиционных качественных и количественных характеристик леса, но и на слежение за развитием лесообразовательных процессов под воздействием природных и антропогенных факторов и их прогнозирование. Конструктивное прогнозирование развития лесов, особенно актуальное в Сибири и на Дальнем Востоке, потребует использования новой дополнительной информации об экологическом состоянии лесов и их развитии, которую невозможно получить на основе статичной типологии В.Н. Сукачева [10].

В настоящее время сведения о лесах заключены в границах искусственных учетно-хозяйственных единиц различного ранга, выделенных не на экологической основе, и обеспечивают решение только задач освоения главного лесного ресурса – древесины. Рассматривая леса в рамках этих искусственных территориальных образований, ни одну из экологических задач нельзя решить корректно при традиционном лесоустройстве. С учетом современного освоения различных природных ресурсов на лесных территориях, требующих своевременного использования различной экологической информации, возникает необходимость проведения такой инвентаризации лесов, которая могла бы решать одновременно проблемы оценки состояния возобновляемых лесных ресурсов, прогнозирования естественного развития лесов и различные экологические задачи, связанные с последствиями освоения других природных ресурсов на таежных территориях [6, 3, 7 и др.]. Это возможно только при инвентаризации лесов в пределах границ генетических типов леса, характеризующихся относительно однородными признаками лесорастительных условий развития всех насаждений, которые относятся к одному генетическому типу леса, и наличии таблиц хода их роста в комплексе с другими возобновляющимися лесными ресурсами.

При этом подходе к инвентаризации лесов возникает возможность в полном объеме реализовать идеи Г.Ф. Морозова [5] о географизме лесов и лесообразовательном процессе в понимании Б.П. Колесникова [1], базирующиеся на региональной географо-типологической основе, где лесоустройство лесного покрова осуществлялось бы в твердых границах коренных типов леса, отражающих особенности местобитания и состояния насаждений, которые находятся на различных этапах лесных сукцессий, возникших после воздействия на лесной покров природных или антропогенных факторов.

Такая дифференциация лесной территории даст возможность насытить каждый выдел экологическим и сукцессионным содержанием и тем самым решить наконец-то вопросы прогноза эндогенной и экзогенной динамики при любых возникающих экологических ситуациях, что является наиболее актуальной проблемой современного лесоводства. Только ее решение позволяет оценить последствия внедрения любых инновационных технологий в лесное хозяйство и принять научно обоснованное решение их долговременного использования. В пределах неизменных, стабильных границ коренных типов леса осуществлялась бы инвентаризация лесов и проводилась бы вся лесохозяйственная деятельность, направленная не только на получение древесины, но и на всю совокупность наиболее полезных свойств лесных экосистем, обеспечивающих устойчивость жизни их биологических компонентов.

Для запуска подобной инвентаризации лесов в пределах границ выделенных типов леса необходимо располагать таксационно-геоботаническими характеристиками и данными о лесорастительных условиях выделенных коренных типов леса, воспроизведенных на картах рабочего масштаба. Подобная информация в материалах современного лесоустройства отсутствует, но если службой лесного хозяйства будет принято решение о ее необходимости, она может быть получена в любое время на основе использования методов составления генетических типов леса [1, 11, 8, 2, 4, 9 и др.].

Для хранения и последующего использования информации о состоянии насаждений на каждый тип леса целесообразно завести паспорт, содержащий по возможности полный перечень сведений об их состоянии в статике и динамике. Он будет являться информационной основой, точкой отсчета для последующей регистрации и оценки изменений в лесном покрове.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колесников Б.П. Кедровые леса Дальнего Востока // Тр. Дальневост. фил. АН СССР, сер. ботан., 1956, т. 2 (4). 264 с.
2. Колесников Б.П., Фильрозе Е.М. Применение таксационно-статистического метода и генетической классификации типов леса для изучения продуктивности лесов // Лесоведение, 1967, № 4. С. 16–25.
3. Манович В.Н., Седых В.Н. Инвентаризация лесов Горного Алтая // «ГЕО-Сибирь-2009», V Междунар. выставка и науч. конгресс, 20–24 апреля, Новосибирск. Новосибирск, 2009. С. 30–35.
4. Махонин А.С., Смолоногов Е.П. Генетическая классификация лесов северного макросклона Восточного Тунн-Ола (Тувинская АССР) // Тр. ин-та / Ин-т экологии растений и животных. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1976, вып. 101. С. 3–91.
5. Морозов Г.Ф. Учение о лесе. М.-Л., 1931. 438 с.
6. Седых В.Н. Ландшафтно-типологическая основа для проведения лесоустройства на территории Сибири // Лесная таксация и лесоустройство. Красноярск, 2005а. С. 70–77.
7. Седых В.Н. Лесообразовательный процесс. Новосибирск: Наука, 2009. 164 с.
8. Семечкин И.В. Опыт использования данных глазомерной таксации для изучения динамики насаждений // Труды ИЛИД СО АН СССР, 1962, т. 58, вып. 1. С. 119–133.
9. Смолоногов Е.П., Кирсанов В.А., Трусов П.Ф. Особенности возрастной динамики темнохвойно-кедровых лесов Северного Урала // Использование и воспроизводство кедровых лесов. Новосибирск: Наука, 1971. С. 72–82.
10. Сукачев В.Н. Избранные труды. Т. 1. Основы лесной типологии и биогеоценологии. Л.: Наука, Ленингр. отд-ние, 1972. 418 с.
11. Третьяков Н.В. Метод исследования динамики древостоев данного типа леса // Тр. Лесотехн. акад. им. С.М. Кирова, 1956, вып. 73. С. 101–116.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ, РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ ПРИРОДОЙ

В.Н. СЕДЫХ

Западно-Сибирский филиал Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Новосибирск (tayga-eko@rambler.ru)

ASSESSMENT OF FOREST PLANTATIONS RECLAIMED BY NATURE

V.N. SEDYKH

West-Siberian branch of V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Novosibirsk (tayga-eko@rambler.ru)

В районах нефтегазодобычи Западной Сибири на отходах бурения успешно осуществляется естественное возобновление лесной растительности, что указывает на необходимость разработки метода сдачи в Гослесфонд шламовых амбаров как рекультивированных природой.

На территории нефтегазового комплекса Западной Сибири широко распространены шламовые амбары, которые считаются одним из опасных источников загрязнения. Шламовые амбары – это обвалованные копаные ямы в теле буровых площадок, заполненные отходами бурения – буровыми растворами, горной породой, глиной, цементом, обильно разбавленные атмосферными и подземными водами. Службы охраны природы относят отходы бурения к IV классу токсичности, и по этой причине они подлежат захоронению, которое заключается в засыпке амбаров привозными песками. Эта дорогостоящая и малоэффективная в экономическом плане технология направлена только на захоронение отходов бурения, но никак не предусматривает мероприятий по созданию лесных сообществ на поверхности амбаров.

Значительная часть амбаров, не засыпанных песком, которые сооружены 30 лет назад и более, в настоящее время покрыта полноценной лесной растительностью, естественно возникшей на отходах бурения. Несмотря на то, что лесные насаждения не уступают фоновым по продуктивности и биологическому разнообразию, амбары не принимаются в Лесной фонд как рекультивированные. По всей видимости, это связано с отсутствием методики оценки состояния заросших амбаров, которой можно было бы руководствоваться при решении задачи отнесения этих амбаров к рекультивированным и сдачи их в состав земель Гослесфонда. Это указывает на необходимость разработки метода оценки состояния заросших амбаров с целью отнесения их к рекультивированным природой, использование которого стало бы значительным инновационным вкладом в дело реабилитации нарушенных лесных земель в районах нефтегазового комплекса. Эта проблема могла бы быть решена за счет бюджетных средств при выполнении следующих задач:

- провести точечную крупномасштабную аэрофотосъемку старых амбаров, заросших растительностью; на аэрофотоснимках провести оценку состояния растительности на шламовых амбарах и получить их инженерно-техническую характеристику, а также отобрать амбары для детального наземного обследования;

- на отобранных старых амбарах провести детальное таксационно-геоботаническое обследование растительности с оценкой физико-химического состава почвенной и водной среды; на основе данных обследования растительности на шламовых амбарах различного возраста составить таблицы хода роста насаждений, содержащие основные таксационные показатели древостоев: состав, возраст, средняя высота, средний диаметр, количество деревьев, суммы площадей сечения, полнота, запас древесины и биомассы растений, видовой состав и обилие живого напочвенного покрова;

- провести таксационно-геоботаническое обследование ненарушенных насаждений различных типов леса в возрасте 10–50 лет с целью построения таблиц хода роста насаждений, содержащих основные таксационные показатели: состав, возраст, средняя высота, средний диаметр, количество деревьев, состояние растительности на амбарах и фоновых насаждений;

- на основе данных таблиц хода роста насаждений, возникших на шламовых амбарах, и фоновых насаждений провести сравнительный анализ состояния лесных экосистем с целью выявления отличий в таксационно-геоботанических показателях и составления прогноза развития лесных сообществ на шламовых амбарах;

- на основе полученных данных сравнительного анализа составить методику оценки состояния экосистем, возникших на старых амбарах, и рассмотреть ее в органах охраны природы и лесного хозяйства в целях последующего принятия решений об использовании инновационного метода в сдаче старых амбаров в состав земель Гослесфонда.

Эта акция по разработке метода оценки состояния заросших амбаров и его использованию при сдаче лесных земель в состав Гослесфонда позволила бы ликвидировать давно назревшую проблему, решения которой по неизвестным причинам избегали. При проведении инвентаризации старых амбаров и оценке их состояния с использованием этого метода стало бы возможным установить истинные разме-

ры отрицательных и положительных последствий воздействия всего нефтегазового комплекса на лесоболотные экосистемы Западной Сибири, а также выявить амбары, подлежащие сдаче в Гослесфонд, и амбары, подлежащие рекультивации (рис. 1, 2).



Рис. 1. Амбар, естественно заросший березняком и тростником, целесообразно принять как рекультивированный

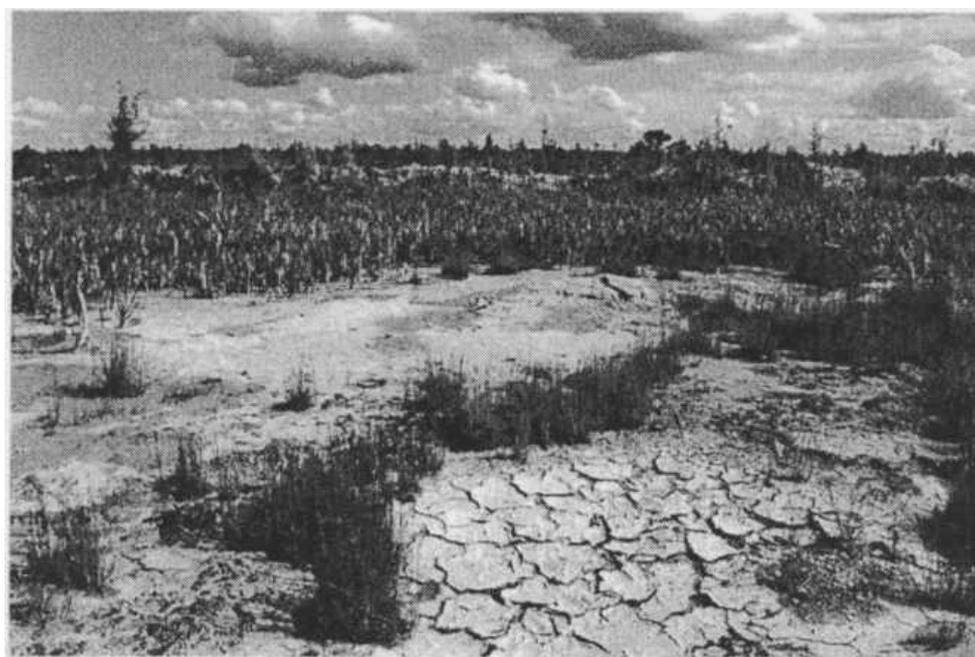


Рис. 2. На амбаре с участками обсохших отходов бурения целесообразно провести работы по созданию лесных культур

ОКРАСКА КРЫЛЬЕВ НАСЕКОМЫХ КАК ИНДИКАТОР ФАЗЫ ГРАДАЦИИ ПОПУЛЯЦИИ

О.П. СЕКРЕТЕНКО¹, А.В. КОВАЛЕВ², Е.Н. ПАЛЬНИКОВА³, В.Г. СУХОВОЛЬСКИЙ¹

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (sekretenko@ksc.krasn.ru)

²Красноярский научный центр СО РАН, Красноярск (sunhi.prime@gmail.com)

³Сибирский государственный технологический университет, Красноярск (e_palnikova@mail.ru)

INSECT WINGS COLORATION AS AN INDICATOR OF POPULATION GRADATION PHASE

O.P. SEKRETENKO¹, A.V. KOVALEV², E.N. PALNIKOVA³, V.G. SOUKHOVOLSKY¹

¹V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (sekretenko@ksc.krasn.ru)

²Krasnoyarsk scientific center SB RAS, Krasnoyarsk (sunhi.prime@gmail.com)

³Siberian State Technological University, Krasnoyarsk (e_palnikova@mail.ru)

При мониторинге возможности всплеск численности насекомых оценка текущей фазы градации популяции обычно производится по величине плотности популяции. Однако известно, что в процессе развития всплеск массового размножения лесных насекомых закономерно меняется окраска имаго [1, 2]. В связи с этим характеристики окраски имаго насекомых-филлофагов могут служить диагностическими показателями фазы градации популяции.

В настоящей работе изучались закономерности распределения интенсивности красного цвета по крылу имаго сосновой пяденицы *Bupalus piniarius* L. на разных фазах градации. В качестве объекта исследования использовалась коллекция крыльев особей на разных фазах градации, собранная при учетах насекомых в Алтайском (1981, фаза роста популяции), Минусинском (1988, фаза роста популяции), Северо-Казахстанском (1985, фаза максимума вспышки и 1986, фаза кризиса), Краснотуранском (1978, фаза кризиса) и Бархатовском (2014, фаза кризиса) сосновых борах.

Анализ выполнялся методами геостатистики, разработанными для изучения пространственного распределения величин, которые могут быть измерены в любой точке изучаемой области [3]. Расчеты проводили в свободно распространяемой статистической среде R [6] с использованием пакета geoR [4, 5].

Для анализа распределения интенсивности красного цвета по верхнему крылу у самок сосновой пяденицы для каждой особи были вычислены семь независимых переменных: среднее значение и среднеквадратичное отклонение интенсивности красного цвета Mean и sd, коэффициенты линейного пространственного тренда a_x и a_y , характеризующие общее изменение интенсивности по осям x и y , а также параметры теоретической вариограммы, характеризующие радиус пространственной корреляции Rang, выраженность пространственной корреляции Sill и вклад необъясненной пространственной вариативности Nug.

Для нахождения по этим переменным фазы градации популяции использовались методы дискриминантного анализа (табл. 1 и рис. 1).

Таблица 1. Классификационная матрица для показателей распределения красного цвета по крылу у особей на разных фазах градации популяций сосновой пяденицы

Фазы градации	Процент правильно классифицированных особей	Всего особей	Фазы градации		
			рост	вспышка	кризис
рост	75,9	58	44	6	8
вспышка	84,5	84	6	71	7
кризис	76,2	63	7	8	48
всего	79,5	205	57	85	63

Из табл. 1 следует, что с вероятностью $P = 0,80$ можно определить основные фазы градации популяции (рост численности, максимум вспышки массового размножения, кризис) по характеристикам пространственного распределения красного цвета по крылу.

В табл. 2 приведены показатели значимости переменных, использованных при дискриминантном анализе.

Из табл. 2 следует, что можно разделить фазы роста, максимума вспышки и кризиса популяций сосновой пяденицы, используя лишь пять переменных (Mean, sd, Rang, a_x , a_y), характеризующих распределение интенсивности красного цвета по поверхности крыла имаго.

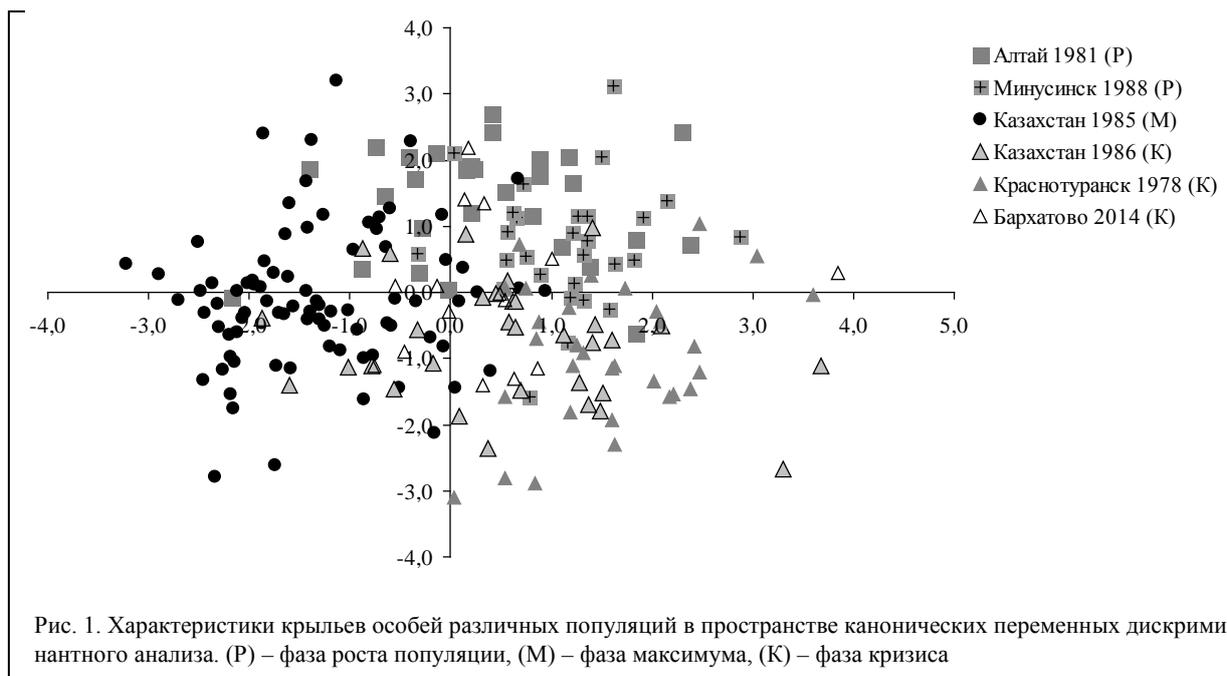


Таблица 2. Значимость переменных при дискриминантном анализе характеристик окраски крыльев имаго сосновой пяденицы на разных фазах градации

Переменные в модели	статистические характеристики			
	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F-критерий	p-level
Mean	0,44	0,65	52,0	0,0000
ay	0,40	0,72	37,9	0,0000
sd	0,37	0,78	27,1	0,0000
Rang	0,31	0,93	7,9	0,0005
ax	0,31	0,93	7,4	0,0008
Nug	0,29	0,98	1,8	0,16
Sill	0,29	0,99	1,1	0,32

ЛИТЕРАТУРА

1. Куреева И.М. Экология и физиология непарного шелкопряда. Киев: Наукова думка. 127 с.
2. Кондаков Ю.П. Закономерности массовых размножений сибирского шелкопряда // Экология популяций лесных животных Сибири. Новосибирск: Наука, 1974. С. 206–265.
3. Демьянов В.В., Савельева Е.А. Геоestatистика: теория и практика. М.: Наука, 2010. 327 с.
4. Ribeiro Jr.P.J., Diggle P.J. GeoR: A package for geostatistical analysis // R-NEWS, 2001. V. 1. № 2. P. 15–18.
5. Diggle P.J., Ribeiro Jr.P.J. Model-based geostatistics. NY.: Springer New York, 2007. 228 p.
6. R Core Team R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R foundation for statistical computing, 2016. URL: <http://www.r-project.org>.

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа частично поддержана РФФИ (грант № 15-04-01192).

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ЛИПЫ МЕЛКОЛИСТНОЙ В ПИТОМНИКАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

О.А. СЕЛИЩЕВА, В.В. НОСНИКОВ, В.К. ГВОЗДЕВ

Белорусский государственный технологический университет, Минск, Республика Беларусь (oksana_selishcheva@rambler.ru, nosnikov@belstu.by, Gvozdev@belstu.by)

TECHNOLOGICAL FEATURES OF OBTAINING LINDEN PLANTING IN NURSERIES OF THE REPUBLIC OF BELARUS

O.A. SELISHCHEVA, V.V. NOSNIKOV, V.K. GVOZDEV

Byelorussian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus (oksana_selishcheva@rambler.ru, nosnikov@belstu.by, Gvozdev@belstu.by)

Широкое внедрение липы мелколистной для выращивания в лесных культурах является перспективным направлением искусственного лесовосстановления, так как эта порода обладает рядом ценных лесообразующих, защитных и других полезных функций. Незначительные объемы создания лесных культур с участием липы в настоящее время частично объясняются сложностью выращивания посадочного материала данной породы. В связи с этим исследования были посвящены изучению опыта выращивания посадочного материала липы в лесных питомниках и разработке эффективной агротехнологии его выращивания.

С целью изучения агротехники и технологии выращивания семян липы был проанализирован опыт семи лесхозов республики (Островецкого, Негорельского учебно-опытного, Осиповичского и Столбцовского опытного, Слонимского, Клецкого и Молодечненского лесхозов). Было установлено, что сложным этапом в выращивании посадочного материала является получение массовых всходов в год посева. Этот показатель напрямую связан с эффективностью способа подготовки семян к посеву.

В анализируемых нами лесхозах предпосевная обработка семян проводилась различными способами (сбор семян с поверхности почвы весной, затем стратификация их в ящиках с песком до осени, после которой производился высеv (Осиповичский опытный лесхоз); высеv свежесобранных с конца августа до октября семян (Молодечненский, Островецкий и Столбцовский опытные лесхозы); сбор семян в октябре и высеv нестратифицированных семян в апреле (Слонимский лесхоз); сбор семян осенью, затем стратификация их в ящиках с песком в теплом помещении с ноября по январь, после которой ящики выставляли под снег. Высеv производили весной (Клецкий лесхоз); осенний посев семян, собранных в апреле и прошедших стратификацию в песке в течение вегетационного периода на открытом полигоне (Негорельский учебно-опытный лесхоз)). В результате была получена различная эффективность. С целью изучения успешности роста семян липы мелколистной в семи постоянных питомниках для 50 семян определяли биометрические показатели: высоту надземной части стволика, в том числе и облиственной части, длину корней, толщину стволика у корневой шейки. Для определения особенностей продуцирования семян определяли их массу в воздушно-сухом состоянии. Отдельно взвешивали ствол и корневую систему и листья.

Наиболее высокие показатели роста и продуцирования семян липы наблюдаются при высеve в конце августа – начале сентября свежесобранных нестратифицированных семян (Островецкий лесхоз), а также семян, собранных с земли весной в первой половине апреля и стратифицированных в ящиках с песком с апреля по сентябрь на открытой площади с высеvom в конце сентября – начале октября (Негорельский учебно-опытный лесхоз). При высеve свежесобранных семян их сбор рекомендуется производить на стадии физиологической зрелости при побурении оболочки орешков, а высеv – в конце августа – начале сентября в расчете на прохождение семенами стадии теплой стратификации в почве. Всхожесть семян весной следующего года составляла около 65% в Островецком лесхозе и около 70% – в Негорельском учебно-опытном лесхозе (рис. 1). Высота надземной части стволика однолетних семян липы составила 21,2 см и 33,4 см (что превышает требования ГОСТа 3317-90 «Сеянцы деревьев и кустарников. Технические условия» [1] для семян, выращенных в посевном отделении Островецкого питомника, на 9,2 см, или на 76,7%, а для семян, выращенных в посевном отделении Негорельского учебно-опытного питомника (рис. 2), – на 21,4 см, или на 178,3%), толщина стволика у корневой шейки – 5,8 мм и 5,3 мм (что также превышает требования стандарта [1] в первом питомнике на 2,8 мм, или на 93,3%, а во втором – на 2,3 мм, или на 76,7%), масса одного семени в воздушно-сухом состоянии составила 2,7 г и 3,8 г соответственно. В остальных вариантах опыта эти показатели ниже в 2–2,5 раза, а грунтовая всхожесть в первый год выращивания составляет всего 5–10%.

Таким образом, на основании анализа основных показателей всхожести семян, успешности роста и продуцирования однолетних семян липы мелколистной в постоянных лесных питомниках можно рекомендовать для использования два перспективных способа предпосевной подготовки семян – высеv свежесобранных семян липы мелколистной (сбор на стадии физиологической зрелости при побурении оболочки орешков) в конце августа – начале сентября с целью прохождения семенами стадии теплой

стратификации в почве, массовые всходы семян (65–70%) появляются весной следующего года; сбор семян с поверхности почвы весной в первой половине апреля, с проведением перед посевом стратификации семян в ящиках с песком в течение вегетационного периода на открытом полигоне и высевом семян в конце сентября – начале октября; массовые всходы семян (70–72%) появляются также весной следующего года (данный способ предпосевной подготовки семян лучше использовать при небольших объемах высева).



Рис. 1. Всходы липы мелколистной в посевном отделении питомника Негорельского учебно-опытного лесхоза



Рис. 2. Сеянцы липы мелколистной, выращенные в посевном отделении постоянного лесного питомника Негорельского учебно-опытного лесхоза

Для изучения грунтовой всхожести семян липы, которые предварительно прошли стратификацию в песке в течение вегетационного сезона и были высеяны на различную глубину в питомнике Негорельского учебно-опытного лесхоза, были заложены опытные посева. Глубина заделки семян колебалась от 0,5 до 4 см. Анализ результатов исследования показал, что наиболее высокие показатели грунтовой всхожести (около 23%) имеют семена, высеянные на глубину 3,5–4 см. При посеве семян на глубину 2 см грунтовая всхожесть составила 19%, а при высеве семян на поверхность почвы – всего 3,3%. Следовательно, оптимальной глубиной высева семян липы можно считать посев на глубину 3,5–4 см.

На основании изучения агротехники и технологии выращивания сеянцев в различных питомниках, а также результатов других исследований была разработана схема технологических приемов по эффективному выращиванию сеянцев липы. Здесь предложены инновационные агротехнологические приемы выращивания посадочного материала с использованием сульфонилмочевинных гербицидов и водорастворимых комплексных удобрений со сбалансированным соотношением макро- и микроэлементов без содержания хлора на хелатной основе (кристалонов).

Для выращивания сеянцев липы мелколистной рекомендуется производить высева свежесобранных семян (сбор на стадии физиологической зрелости при побурении оболочки орешков) в конце августа – начале сентября с целью прохождения семенами стадии теплой стратификации в почве. Перед проведением в начале сентября сплошной вспашки рекомендуется вносить полное минеральное удобрение в дозировке по действующему веществу $N_{20}P_{20}K_{30}$. Далее проводится предпосевная обработка почвы путем дискования и боронования, устройство лент. После высева семян рекомендуется провести прикатывание посевов и мульчирование посевных лент. В течение сентября проводится полив посевов (количество поливов и оросительную норму полива определяют в зависимости от влажности почвы). Весной следующего после посадки года проводится обработка посевов гербицидами (используется Террсан в дозировке 30 г/га). В апреле – мае проводится обработка однолетних сеянцев стимуляторами роста (используются экосил и оксидат торфа). Внекорневые подкормки сеянцев (7 раз за сезон) с одновременной культивацией проводятся в течение вегетационного периода. В первой половине вегетации используются Кристалон Голубой и Кристалон Желтый. Во второй половине вегетации – Кристалон Особый и Кристалон Коричневый (норма вносимых удобрений Кристалон – 20–30 г/м² посевов). В середине июня проводится обработка однолетних посевов гербицидами. Для этого используется смесь Тамерон в дозировке 25 г/га и Скот в дозировке 1 л/га. В случае недостижения сеянцами стандартных размеров они оставляются на доращивание на второй год. При этом проводятся следующие технологические операции: полив сеянцев, внекорневые подкормки сеянцев с одновременной культивацией, обработка сеянцев гербицидами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сеянцы деревьев и кустарников. Технические условия: ГОСТ 3317–90. Москва: Изд-во стандартов, 1990. 46 с.

ОЦЕНКА ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ НЕСПЛОШНЫХ РУБОК В СПЕЛЫХ СОСНЯКАХ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Д.А. СЕМЕНЯКИН, А.Е. ПЕТРЕНКО, О.Н. ЗУБАРЕВА

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

EVALUATION OF REGENERATION AFTER SELECTIVE CUTTING IN MATURE PINE STANDS OF KRASNOYARSK FOREST-STEPPE

D.A. SEMENYAKIN, A.YE. PETRENKO, O.N. ZUBAREVA

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk

Важной проблемой устойчивого лесопользования является лесовосстановление. Возобновление и формирование леса – это единый непрерывный процесс, и рубки могут являться существенным фактором, обуславливающим и направляющим его. При этом проблема влияния несплошных рубок на возобновление в защитных лесах Красноярской лесостепи мало изучена и требует комплексного подхода, поскольку необходимо учитывать ряд факторов, таких как рельеф, микроклимат, жизненное состояние древостоя и напочвенного покрова. Кроме того, для оценки влияния того или иного способа рубок требуется длительное время [3, 5].

Исследования проводились в чистых по составу 100–120-летних сосновых насаждениях полнотой 1,0–1,3, средним диаметром от 29,7 до 38,9 см, высотой от 23,0 до 30 м, запасом от 372 до 570 м³/га на постоянных пробных площадях, заложенных в экспериментальном хозяйстве Института леса СО РАН «Погорельский бор» в сосняках разнотравно-зеленомошных и бруснично-разнотравно-зеленомошных, по общепринятым методикам [4, 6] согласно ОСТ 16128-90. Для оценки успешности возобновления леса определяли следующие показатели: численность подроста на единице площади, высоту, диаметр, линейный годичный прирост осевого побега и возраст подроста [1, 4].

Под пологом высокополнотных сосновых древостоев Погорельского бора количество подроста составило около 10 тыс. шт./га. Подрост по высотным группам представлен следующим образом: мелкого подроста (10–50 см) – до 5,8 тыс. шт./га (62 %), среднего (50–150 см) – до 3,6 тыс. шт./га (38 %), крупный подрост представлен единично, количество самосева составляет около 6,0 тыс. шт./га. Высотно-возрастная структура естественного возобновления представлена двумя категориями: мелкий – 12 лет высотой 36,8 см; средний – 17 лет высотой 65 см. Количество здорового подроста составило 24 %, ослабленного – 22 %, усыхающего – 54 %. По шкале А.В. Побединского [4] естественное возобновление под пологом древостоев оценивается как неудовлетворительное.

Примером мероприятий, позволяющих создать условия для успешного естественного возобновления предварительной генерации в условиях Сибири, являются двухприемные постепенные рубки и рубки обновления и перестройки. По технике проведения первого приема в спелых древостоях они одинаковы. После проведения первого приема несплошной рубки на опытных участках интенсивностью 20–53 % по запасу таксационные показатели древостоев следующие: средний диаметр составил от 30,0 до 38,6 см, средняя высота – от 25 до 30 м, запас снизился до 177–408 м³/га, относительная полнота уменьшилась до 0,5–1,0. Основным показателем оценки лесосечных работ является сохранность подроста. Она составила от 67 до 75 % и зависит в основном от интенсивности рубки.

В сосняках разнотравно-зеленомошных подрост представлен мелкой, средней и крупной группами высот. Общее количество здорового подроста до рубки составляло в среднем 4,1 тыс. шт./га (77 %), ослабленного – 119 шт./га (2 %), усыхающего – 274 шт./га (5 %) и сухого – 825 (15 %).

Через год после рубки сохранность подроста составила 70 %. Количество здорового подроста достигало в среднем 80 % от общей численности, ослабленного – 2 %, усыхающего и сухого – 18 % (табл. 1).

На третий год после рубки общая численность соснового подроста увеличилась в 3 раза, отмечено появление большого количества всходов и самосева.

На пятый год после рубки общая численность соснового подроста уменьшилась на 11 %. Отмечается увеличение здорового подроста на 11 % и снижение количества ослабленного, усыхающего подроста.

В сосняках бруснично-разнотравно-зеленомошных подрост был представлен мелкой и средней группами высот, крупный подрост отсутствовал. Общая численность здорового подроста до рубки составляла в среднем 941 шт./га (91 %), ослабленного – 88 шт./га (9 %), усыхающий и сухой подрост отсутствовали. Отсутствие крупного подроста и появление большого количества всходов и самосева объясняется тем, что данный участок был пройден низовым пожаром.

Через год после рубки сохранность подроста составила 75 %. Количество здорового подроста достигло 91 % от общего числа молодых сосенок, 9 % представляли ослабленные особи.

На третий год после рубки общая численность соснового подроста увеличилась в среднем до 47 тыс. шт./га, причем здоровые деревья составили 98 % от общей численности подроста.

На пятый год после рубки общая численность соснового подроста уменьшилась на 41 %. Подрост был представлен на 99 % здоровыми особями (табл. 1).

Таблица 1. Динамика численности возобновления после проведения несплошных рубок

Жизненное состояние	Количество подроста, шт./га / %							
	с. разнотравно-зеленомошный				с. бруснично-разнотравно-зеленомошный			
	до рубки	через год	на 3 год	на 5 год	до рубки	через год	на 3 год	на 5 год
здоровые	4107 / 77	2809 / 80	7228 / 68	8036 / 85	941 / 91	704 / 91	45929 / 98	27351 / 99
ослабленные	119 / 2	79 / 2	1464 / 14	734 / 8	88 / 9	67 / 9	786 / 2	417 / 1
усыхающие	274 / 5	195 / 6	1164 / 11	655 / 7	–	–	–	–
сухие	825 / 15	439 / 12	760 / 7	–	–	–	–	–
Высотная группа								
мелкий (0,11–0,5 м)	2335 / 44	1577 / 45	7866 / 74	8194 / 87	1030 / 100	770 / 100	46857 / 100	27589 / 99
средний (0,51–1,5 м)	2525 / 47	1600 / 45	2148 / 20	833 / 9	–	–	–	238 / 1
крупный (>1,5 м)	464 / 9	346 / 10	603 / 6	397 / 4	–	–	–	–
	Численность всходов и самосева, шт./га							
Всходы	6,1	53	4	40	15,8	8	0,913	0,2
Самосев (до 0,1 м)	0,982	8	0,655	6,1	36,7	42	5,4	15,5

Известно, что в результате разреживания материнского полога древостоя изменяется световой и гидротермический режим [2]. Для благоприятного развития естественного возобновления под пологом древостоев полнота материнского древостоя должна быть не выше 0,6–0,7, сомкнутость крон – не более 0,4–0,7. Было установлено [8], что оптимальная освещенность под пологом леса для 5–10-летних сосен составляет 8–10 тыс. лк, для 15-летних – 10–15 тыс. лк. Опасным конкурентом для подроста сосны могут быть злаково-разнотравные растения при развитии их покрова более чем на 35 % [7, 8]. Под пологом сомкнутых сосняков здоровый и хорошо развитый самосев встречается лишь до 3–4-летнего возраста, подрост старшего возраста встречается редко и имеет сухую вершину, слаборазвитую хвою и маленькую крону [8].

В результате разреживания на участках освещенность увеличилась в 5–6 раз, что обеспечило повышение интенсивности роста предварительного возобновления и возрастание интенсивности процесса последующего возобновления за счет появления всходов и самосева. Через 5 лет после рубки средний линейный прирост осевого побега в мелкой высотной группе увеличился на 17 %, средней – на 20 % и крупной – на 26 % по сравнению с контрольным участком.

Таким образом, разреживание сосновых древостоев несплошной рубкой в условиях Красноярской лесостепи способствует улучшению жизненного состояния и увеличению линейного прироста как у предварительного, так и у последующего возобновления. Согласно шкале оценки возобновления, на участках требуются меры содействия естественному возобновлению. Через 5 лет после несплошной рубки высокополнотных древостоев установлено, что для восстановления возобновительного потенциала насаждения (появления достаточного количества жизнеспособного подроста) необходимо более длительное время. Следует отметить, что только длительные исследования естественного возобновления позволяют дать объективную оценку влияния несплошных рубок, а разовые наблюдения могут быть недостоверны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение, 1989, № 4. С. 51–57.
2. Майоров М.Е. Интенсивность фотосинтеза и транспирации соснового подроста после первого приема постепенных рубок // Лесоведение, 1968, № 1. С. 52–58.
3. Мелехов И.С. Лесоводство. 2-е изд., доп. и испр. М.: МГУЛ, 2002. 320 с.
4. Побединский А.В. Изучение лесовосстановительных процессов. М.: Наука, 1966. 64 с.
5. Санников С.Н., Санников Д.С. Система рубок и возобновления сосновых лесов на эколого-генеогеографической основе // Сиб. лесн. журн., 2015, № 6. С. 3–16.
6. Справочное пособие по таксации и устройству лесов Сибири / Е.Л. Беззаботнов, Б.А. Богоявленский, П.М. Верхунов и др. Красноярск: Красноярское кн. изд-во, 1966. 379 с.
7. Формирование лесных экосистем в условиях интенсивной лесозексплуатации / Р.М. Бабинцева, А.И. Бузыкин, В.В. Иванов и др. Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1998. 184 с.
8. Экология сосновых лесов / В.К. Мякушко, Ф.В. Вольвач, П.Г. Плюта. Киев: Изд-во «Урожай», 1989. 24 с.

БОЛЕЗНИ ФИЛЛОСФЕРЫ ХВОЙНЫХ

В.А. СЕНАШОВА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (vera0612@mail.ru)

CONIFEROUS NEEDLE DISEASES

V.A. SENASHOVA

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (vera0612@mail.ru)

В процессе индивидуального развития виды древесных растений постоянно подвергаются воздействию абиотических и биотических факторов окружающей среды. Одним из важнейших факторов, определяющих состояние лесов, являются фитопатогенные грибы – причина различных заболеваний корневой системы, стволов, листового аппарата и семян деревьев. Данные исследования посвящены изучению видового состава грибов, вызывающих заболевания хвои на территории лесных питомников, искусственных насаждений и естественных лесов Средней Сибири. Патогены филлосферы вызывают гибель и осыпание хвои, что особенно опасно для сеянцев, самосева и подроста. Взрослые деревья в случае незначительного поражения играют роль источника инфекций, а при массовом повреждении кроны становятся более уязвимыми к воздействию неблагоприятных факторов, что сказывается на состоянии лесов в целом.

Проведено исследование видового разнообразия фитопатогенных микромицетов хвои в лесопитомниках, искусственных насаждениях и естественных лесах 22 лесничеств Средней Сибири и в заповеднике «Столбы».

Материалом исследования служила хвоя следующих видов: сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), сосны кедровой сибирской (*P. sibirica* (Du Tour)), ели сибирской (*Picea obovata* Ldb.), лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ldb.), пихты сибирской (*Abies sibirica* Ldb.), можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis* L.), можжевельника казацкого (*J. sabina* L.).

Идентифицирован 21 вид грибов, вызывающих 19 заболеваний хвои на территории Средней Сибири (табл. 1). Все диагностированные повреждения листового аппарата хвойных условно можно разделить на две группы: болезни типа шютте (вызываемые сумчатыми и несовершенными грибами) и ржавчинные повреждения хвои (вызываемые представителями порядка Uredinales).

Наиболее разнообразный видовой состав фитопатогенов наблюдается в таежной и горно-таежной зонах, что объясняется большим разнообразием потенциальных растений-хозяев, при этом сумчатые грибы выступают паразитами всех хвойных растений, произрастающих на территории Красноярского края. Преобладающим заболеванием является обыкновенное шютте сосны, вызываемое сумчатыми грибами *Lophodermium seditiosum* и *L. pinastri*, которое зарегистрировано в 18 районах как на территориях лесопитомников, так и в лесах. Из ржавчинных поражений хвои наиболее распространенными являются лиственничная ржавчина тополя и ржавчинный рак пихты. Следует отметить, что последнее заболевание является системным и характеризуется ржавчиной хвои, образованием «ведьминых метел» и раковых язв на побегах и стволах деревьев. На территории Средней Сибири доля пораженных деревьев может достигать до 44–51% [1].

Особенное внимание необходимо уделять патогенам, являющимся новыми или малоизученными. В 2010 г. в Озерском лесном питомнике Республики Хакасия на сеянцах сосны обыкновенной был обнаружен потенциально опасный фитопатогенный сумчатый гриб *Cyclaneusma minus* (Butin) DiCosmo, Peredo & Minter [2]. До этого патоген был отмечен в начале 2000-х гг. на единичных взрослых деревьях сосны обыкновенной на территории Красноярского края (заповедник «Столбы» и Большемуртинское лесничество) [3], но в условиях лесопитомников не диагностировался. В этой связи нами проводились ежегодные фитопатологические обследования Озерского питомника, а также соседних лесных насаждений с целью мониторинга распространения данного патогена. В 2011 г. *C. minus* был выявлен в чистых культурах сосны обыкновенной на участке «Угольный» (Октябрьское лесничество (Озерское участковое), Хакасия). Летом 2015 г. обследовано 3200 деревьев. Степень поражения хвои (интенсивность заболевания) колеблется от 5 до 100%, при этом средняя доля пораженной хвои составила 19%. При сравнении с показателями 2011 г. (20%) наблюдается незначительное снижение интенсивности заболевания, однако распространение болезни достигло 100% на опытном участке (в 2011 г. отмечалось 95%). Также отмечено, что если в 2011 г. преимущественно была поражена хвоя 3-го, реже 4-го годов жизни, то в 2015 г. более 50% пораженной хвои – это хвоя 2-го года жизни. На отдельных деревьях имелась хвоя только текущего года: в некоторых случаях уже с признаками заболевания. На некоторых деревьях (1,9%) сопутствующим патогеном являлся возбудитель серого шютте *Lophodermella sulcigena* (Link) Höhn.

Были прослежены стадии инфекционного процесса, вызванного *C. minus*. В большинстве случаев сначала менялся цвет кончиков пораженных хвоинок, которые в дальнейшем желтели по всей длине, приобретая соломенно-коричневатый оттенок. На некоторых хвоинках наблюдались полосы более темного оттенка. Плодовые тела (апотеции) формировались глубоко в тканях хвоинок, причем на более светлых, слабоокрашенных участках. Зрелые апотеции разрывают эпидермис хвоинки, приподнимая его как крышечку и обнажая гимениальный слой светлого медового оттенка. Необходимо отметить, что спороносящий апотеций напоминает эции ржавчинных грибов рода *Coleosporium* Lév., что может внести путаницу при фитопатологических осмотрах насаждений неспециалистом. Поэтому необходимо помнить, что ржавчинные грибы не вызывают обширных некрозов хвои, и применять микроскопические методы исследования.

К настоящему времени *C. minus* помимо Республики Хакасии выявлен на территории Емельяновского, Енисейского, Сухобузимского, Б.-Муртинского, Иланского лесничеств как на территории лесных питомников, так и в естественных лесах.

Таблица 1. Фитопатогенные грибы филлосферы хвойных растений Средней Сибири и вызываемые ими заболевания

		Наименование патогена*	Вызываемое заболевание
Систематическое положение	Отдел Ascomycota	<i>Lophodermium pinastri</i> (Schard.) Chev., <i>Lophodermium seditiosum</i> Mint. Stal.	обыкновенное шютте сосны
		<i>Lophodermium abietis</i> Rostr.	низинное шютте ели
		<i>Lirula macrospora</i> (R. Hartig) Darker (= <i>Lophodermium macrosporum</i> Hart.)	обыкновенное шютте ели
		<i>Lophodermium juniperinum</i> Fr. de Not.	обыкновенное шютте можжевельника
		<i>Hypodermella laricis</i> Tubeuf	шютте лиственницы
		<i>Lophodermella sulcigena</i> (Link) Höhn. (= <i>Hypodermella sulcigena</i> (Rostr.) Tub.)	серое шютте
		<i>Cyclaneusma minus</i> (Butin) Di Cosmo, Peredo & Minter	пожелтение хвои сосны
		<i>Gremmenia infestans</i> (P. Karst.) Crous (= <i>Phacidium infestans</i> Karst.)	снежное шютте (фацидиоз)
		<i>Herpotrichia nigra</i> Hartig.	бурое шютте
	Отдел Basidiomycota	<i>Chrysomyxa abietis</i> (Wallr.) Unger	золотистая ржавчина ели
		<i>Chrysomyxa ledi</i> (Alb. & Schwein.) de Bary	багульниковая ржавчина ели
		<i>Melampsorella caryophyllacearum</i> (DC.) J. Schröt.	ржавчинный рак пихты
		<i>Coleosporium</i> sp.	колеоспороз сосны: ржавчинное поражение хвои
		<i>Pucciniastrum</i> sp.	ржавчинное поражение хвои пихты
		<i>Melampsora laricis-populina</i> Kleb.	лиственничная ржавчина тополя
	Fungi imperfecti	<i>Meria laricis</i> Vuill.	мериоз
		<i>Rhizosphaera pini</i> (Corda) Maub	пожелтение хвои пихты
		<i>Truncatella hartigii</i> (Tubeuf) Steyaert (= <i>Pestalotia hartigii</i> Tubeuf Sacc. Syll.)	удушье сеянцев
		<i>Sclerofoma pithyophila</i> (Corda) Hohn. (анаморфа <i>Sydowia polyspora</i> (Bref. & Tavel) E. Müll.)	склерофомоз
		<i>Hendersonia acicola</i> Münch & Tubeuf	серое шютте

*Названия приведены по Index Fungorum

ЛИТЕРАТУРА

1. Сташкевич Н.Ю., Данилина Д.М., Сенашова В.А. Оценка состояния подроста *Pinus sibirica* Du Tour. и *Abies sibirica* Ledeb. в смешанных производных лесах черного пояса Западного Саяна // Вестник КрасГАУ, 2013, 9. С. 145–150.
2. Сенашова В.А. Болезни хвои, вызванные фитопатогенными грибами, в Средней Сибири // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Санкт-Петербург, 2012, 200. С. 275–284.
3. Жуков А.М., Жуков Е.А. Грибы – возбудители заболеваний древесно-кустарниковой растительности Средней Сибири // Защита леса от вредителей. Пушкино: ВНИИЛМ, 2006. С. 42–59.

О НОРМАТИВНОЙ БАЗЕ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

С.М. СИНЬКЕВИЧ, А.И. СОКОЛОВ, В.А. АНАНЬЕВ, А.М. КРЫШЕНЬ

Институт леса Карельского научного центра РАН, Петрозаводск (forest@krc.karelia.ru)

ON THE REGULATORY FRAMEWORK OF FORESTRY INTENSIFICATION

S.M. SINKEVICH, A.I. SOKOLOV, V.A. ANANYEV, A.M. KRYSHEN

Forest Research Institute of Karelian Research Centre RAS, Petrozavodsk (forest@krc.karelia.ru)

Практика экстенсивного освоения лесов привела к ухудшению породного состава и снижению продуктивности насаждений. В настоящее время, несмотря на применение современных высокопроизводительных лесозаготовительных комплексов, объем заготовки древесины на промышленно освоенных территориях находится на уровне первых послевоенных лет. Это является серьезным предупреждением, указывающим на необходимость перехода на интенсивный путь ведения хозяйства и соответствующего изменения нормативной базы с учетом природных и социально-экономических условий регионов.

Исходя из традиционно принятого лесорастительного районирования, каждый субъект Северо-Запада РФ расположен на территории 2–3 подзон таежной зоны. Установленные в 2011 г. границы лесных районов из-за совпадения терминологии вынуждают отвергать объективные и научно обоснованные положения. Изменения 2014 г. в силу своей половинчатости не изменили ситуации. В связи с этим представляется более целесообразным согласовать границы лесных районов с лесорастительным районированием, а в их пределах при необходимости выделять подрайоны.

Полномочия в области управления лесами законодательно переданы в регионы. Однако выбор инструментов непосредственного управления, каковыми являются нормативы проведения и оценки хозяйственных мероприятий, регионам не доверены. Ранее на федеральном уровне утверждались «Основные положения ...», в рамках которых разрабатывались и периодически обновлялись региональные руководства, наставления и рекомендации, утверждаемые региональными органами лесного хозяйства.

Постановлением Правительства РФ № 1011 от 13 августа 1997 г. исторически оправдавшая себя схема была фактически запрещена. В условиях последовавшего перманентного реформирования и переписывания Лесного кодекса развитие нормативной базы, отвечающей новым реалиям, прекратилось.

Для леса как сложного долгоживущего объекта содержание нормативов должно обеспечивать единство этапов системы управления. При этом нормативная база должна ориентировать исполнителя на результат, а не на процесс, и все документы должны быть понятны непосредственным исполнителям.

Лесное хозяйство как система мероприятий, нацеленных на удовлетворение материальных потребностей общества, включает в себя лесовосстановление, уход за лесом и определенную систему рубок. Каждое из этих базовых звеньев цепи должно учитывать зонально-типологические особенности, включать описание технологий работ, учет и оценку качества их проведения и может быть жизнеспособно только при условии экономической эффективности. Интенсификация ведения хозяйства в лесу обязывает тщательно учитывать конкретные условия, от которых зачастую зависит успех всего процесса.

В области лесовосстановления всегда уделялось большое внимание содействию естественному возобновлению. Однако действующие федеральные нормативы существенно снизили научно обоснованные требования к численности жизнеспособного подростка и не гарантируют формирования продуктивных хвойных древостоев. Более отдаленный, но более надежный результат можно получить, обеспечив вырубку источниками обсеменения. Однако способы и нормативы сохранения семенников должны быть различны для разных почв и ландшафтов.

В лесосечном фонде СЗФО значительную долю составляют древостои, растущие на влажных почвах. В настоящее время вырубки в них оставляют под естественное зарастание, что при интенсивном лесном хозяйстве недопустимо, но допускается нечеткими формулировками закона.

Лесным кодексом предусмотрены три метода лесовосстановления: естественное, искусственное и комбинированное. Комбинированный метод лесовосстановления позволяет снизить затраты на создание лесных культур и обеспечить частичное сохранение генофонда хвойных пород. Для более широкого его применения необходима корректировка нормативных документов в части учета видов и качества выполненных работ для обоснования затрат, которые полностью возложены на арендаторов.

Наблюдения за опытно-производственными культурами показали, что в условиях средней тайги на нераскорчеванных вырубках с дренированными почвами возможно выращивание качественных насаждений сосны и ели целевого назначения в ускоренном режиме. Причиной же наблюдаемой низкой эффективности лесовосстановления и лесовыращивания является несоблюдение региональных агротехнических и лесоводственных требований. Поэтому при переходе к интенсивному лесному хозяйству си-

стематический контроль за качеством лесовосстановительных мероприятий на всех этапах лесовыращивания пока представляется безусловно необходимым.

Интенсификация лесопользования немыслима без интенсивного ухода за лесом. В то же время рубки ухода – это рубки промежуточного пользования. Системная организация ухода подразумевает разработку программ разреживаний, максимально нацеленных на выращивание целевого насаждения. Но эффективность этих программ возможна только при их соблюдении на всем протяжении периода лесовыращивания. Реально имеющийся лесной фонд формировался последние четверть века в основном при слабых бессистемных рубках ухода. Поэтому, решая задачу интенсификации лесного хозяйства, на сегодняшнем этапе следует говорить о нормативах разреживания, ориентированных на модальные насаждения, которые произрастают в конкретных природно-экономических условиях.

Методы ухода и отбора деревьев в рубку наиболее проработаны лесоводственной наукой, и именно они испытывают пресс требований о пересмотре. Даже при главенстве технических условий для сортиментной структуры успех зависит от реакции древостоев на разреживание, которая в свою очередь будет зависеть от теплового режима почв, их плодородия и гидрологического режима.

Нормативы должны учитывать возможности применения новой лесозаготовительной техники и стимулировать использование машин, позволяющих свести к минимуму отрицательное воздействие на лесные экосистемы. В качестве обязательного ключевого момента в нормативах должны найти отражение характеристики качества насаждений, которые остаются после разреживания. Действующие нормативы, основанные на относительной полноте и проценте выборки, являются основой для субъективизма оценок и злоупотреблений. Разрабатываемые нормативы следует основывать на материалах пробных площадей с длительными сроками наблюдения. Сеть таких пробных площадей должна расширяться и поддерживаться, чтобы отслеживать изменения в насаждениях и при необходимости вносить коррективы.

Обязательным звеном в цепочке лесовыращивания является система рубок леса, которые должны быть, по выражению Г.Ф. Морозова, «синонимом лесовосстановления». Среди действующих нормативных актов, появившихся после 2006 г., именно Правила заготовки древесины первоначально выглядели наиболее проработанным документом. Но в то же время именно они требуют на сегодняшний день наиболее серьезного научного обоснования в связи с вопросами баланса между хозяйственным значением и средообразующей ролью лесов. Необходима корректировка применения способов рубок в лесах разного целевого назначения с учетом возрастной структуры насаждений и хода естественного возобновления. Нужно рациональное решение проблемы технически малоценных лиственных насаждений, в которых формируется ярус теневыносливых хвойных пород.

Действующие Правила заготовки древесины не разъясняют существенных моментов рубок в защитных лесах, доля которых в лесном фонде будет, по оценкам ведущих специалистов, неуклонно расти. В Карелии по заказу правительства республики разработаны «Рекомендации по проведению рубок в защитных лесах», которые содержат нормативы, учитывающие природно-экономическую дифференциацию, и ориентированы на поддержание определенного уровня запаса, от которого зависит устойчивость и функциональность лесов.

Система лесовыращивания, если она действительно научно обоснована, сама по себе уже является системой охраны природы. В регионах охрана природы должна базироваться на знании ландшафтной структуры территории. Объектами охраны должны быть ландшафтные комплексы, сохранение которых действительно актуально для природных условий конкретных регионов.

Отдельным моментом, которому в настоящее время придается первостепенное значение, является сохранение биоразнообразия. С биологической и экономической точек зрения переносимые на нашу территорию западноевропейские рецепты не соответствуют нашим реалиям. Фактически существующий в наших естественных лесах уровень биоразнообразия многократно выше тех норм, которые в настоящее время компании внедряют в практику хозяйства в рамках добровольной сертификации с целью получения доступа к западным рынкам. Более того, слепое копирование некоторых положений наносит вполне конкретный ущерб качеству наших лесов, а значит, будущей устойчивости работы лесного комплекса.

Аналогично следует оценивать степень необходимости охраны отдельных объектов (видов), которые в различных природно-климатических условиях могут быть как редко встречающимися, так и широко представленными на территории субъекта. В противном случае проводимые природоохранные мероприятия превращаются в пустую формальность.

Переход к интенсивному лесному хозяйству может быть реальным, но не может быть одномоментным событием. Нужна координируемая федеральным центром программа мероприятий по восстановлению ресурсного потенциала таежных лесов, включающая:

- внедрение ресурсосберегающих технологий ускоренного выращивания целевых насаждений;
- государственную поддержку арендаторов, заинтересованных в проведении производственных экспериментов по интенсификации лесовыращивания и во внедрении эффективных технологий лесопользования;

– разработку научно обоснованных региональных рекомендаций по сохранению биоразнообразия в условиях интенсивного лесного хозяйства.

В перспективе это будет способствовать не только получению древесины, но и многостороннему использованию полезных ресурсов лесов и сохранению выполняемых ими важнейших биосферных функций.

БЛАГОДАРНОСТИ. Исследование выполнено в рамках госзаданий ИЛ КарНЦ РАН 0220-2014-003 и 0220-2015-0013.

ВЛИЯНИЕ ОГНЯ НА ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЕ В СОСНЯКАХ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Д.С. СОБАЧКИН, И.В. КОСОВ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (dens@ksc.krasn.ru)

FIRE IMPACT ON PINE FOREST REFORESTATION IN KRASNOYARSK FOREST-STEPPE

D.S. SOBACHKIN, I.V. KOSOV

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (dens@ksc.krasn.ru)

Район исследования относится к зоне красноярской островной лесостепи. Контролируемые выжигания проводились в молодняках сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) в летне-осенний период на пяти пробных площадях, размер каждой из которых составил 0,01 га.

Цель исследования. Определение влияния пирогенного фактора на естественное лесовозобновление в сосновых древостоях красноярской лесостепи.

Объекты и методы исследования. Для проведения исследований в одновозрастных сосновых насаждениях красноярской лесостепи было заложено пять постоянных пробных площадей (ПП), на которых проводились экспериментальные контролируемые выжигания, имитирующие низовые пожары. На каждой пробной площади проводилась сплошная таксация древостоев с замером основных таксационных показателей у модельных деревьев [2, 3, 4]. Учет лесовозобновления велся на учетных площадках размером 2 x 2 м. Силу воздействия огня определяли по шкале, предложенной Н.П. Курбатским [1]. Характеристика пробных площадей приведена в табл. 1.

Таблица 1. Таксационная характеристика пробных площадей

Показатели	ПП 1	ПП 2	ПП 3	ПП 4	ПП 5
Тип леса	С ос-зм	С рт-зм	С мп	С ос-рт	С рт-зм
Средний диаметр стволов, см	7,8	8,9	8,6	10,7	10,2
Средняя высота деревьев, м	12,5	13,4	13,1	14,3	14,7
Средний возраст, лет	41	45	42	47	48
Густота, шт./га	5900	5400	6200	5900	3600
Класс бонитета	II	II	II	I	I

Все пробные площади характеризуются близкими средними значениями древостоев – диаметра, высоты, возраста, густоты.

В результате выжиганий произошла частичная деструкция напочвенного покрова. Запас ЛГМ на участках через 2 года снизился: ПП 1 – на 28%, ПП 2 – на 20%, ПП 3 – на 32%, ПП 4 – на 6%, ПП 5 – на 15% от дожиганного состояния (рис. 1).

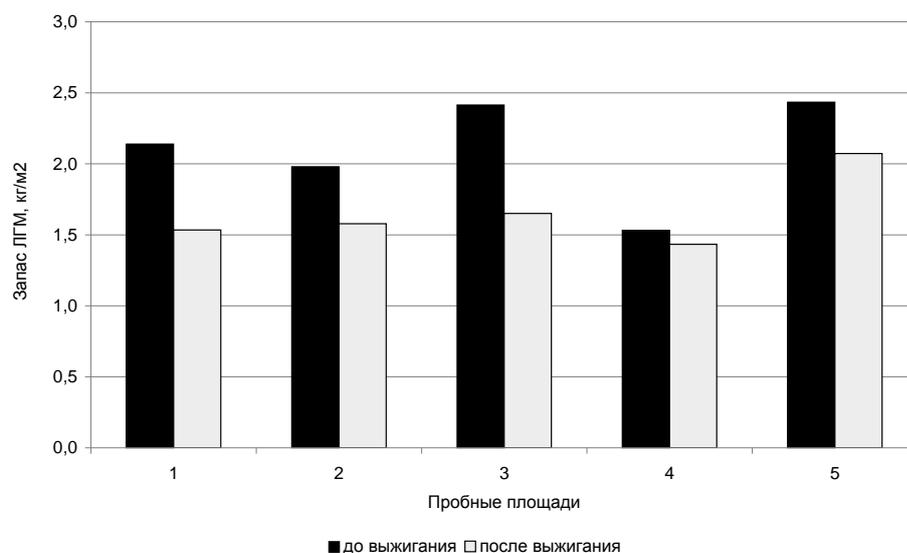


Рис. 1. Изменение запаса ЛГМ в результате проведения контролируемых выжиганий

Изменения почвенных условий после пожара часто способствуют естественному возобновлению леса. Прогретая после пожара и богатая минеральными веществами почва благоприятна для появления всходов и роста самосева древесных растений [5]. Влияние огня на динамику лесовозобновления приведено на рис. 2.

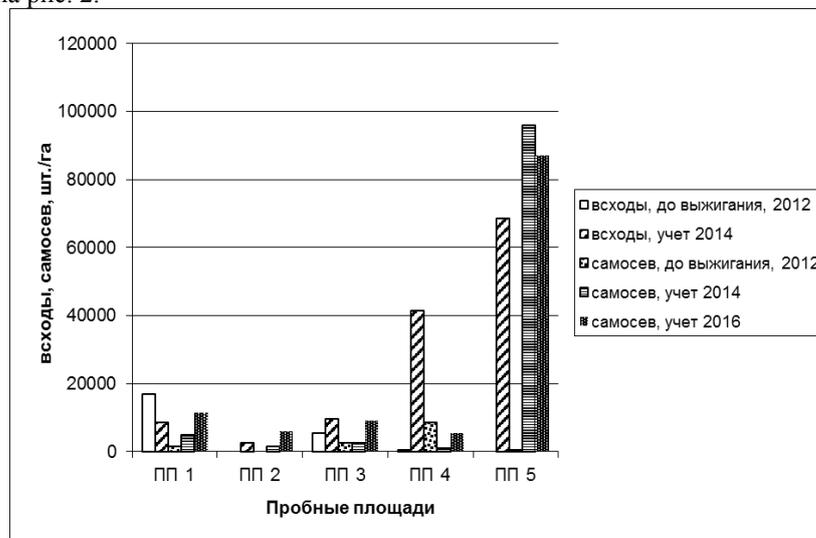


Рис. 2. Динамика численности всходов и самосева после проведения контролируемых выжиганий

Перед проведением контролируемых выжиганий, имитирующих природные низовые пожары, проводился учет возобновления. В процессе контролируемых выжиганий имеющиеся всходы и самосев полностью сгорели. Учет возобновления в 2014 г. проводился в начале сентября, в 2016 г. – в начале июня. На второй год после выжиганий отмечено увеличение численности всходов и самосева. Исключение составляет ПП 1, где количество всходов еще не достигло своего допожарного значения, так как на этой ПП до проведения эксперимента было отмечено удовлетворительное возобновление. Появление всходов и самосева там, где его не было до проведения выжиганий (ПП 2), свидетельствует об улучшении условий для естественного лесовозобновления. На ПП 3, ПП 4, ПП 5 отмечается многократное увеличение численности всходов и самосева по сравнению с допожарным их количеством.

На четвертый год после проведения контролируемых выжиганий отмечена высокая численность самосева по сравнению с допожарным значением. Максимальная численность самосева, как и в предыдущие годы, отмечена на ПП 5 (87 000 шт./га), минимальная – на ПП 4 (5500 шт./га). Невысокая численность самосева на ПП 4 объясняется слабым горением ЛГМ во время выжигания в результате низкой интенсивности горения (рис. 1). В результате этого отмечено слабое прогорание подстилки и быстрое восстановление травяного покрова: все это оказало отрицательное влияние на рост и развитие всходов и самосева.

Наши исследования показали, что низовые пожары благоприятно воздействовали на появление всходов и самосева сосны, и эта тенденция сохраняется на протяжении четырех лет после проведения контролируемых выжиганий. При этом прогорание моховой подушки и подстилки оказало благоприятное воздействие на процессы лесовозобновления. Пробные площади со слабым прогоранием подстилки и мхов характеризуются недостаточным количеством всходов и самосева.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курбатский Н.П. Исследование количества и свойств лесных горючих материалов // Вопросы лесной пирологии. Красноярск: Институт леса и древесины СО АН СССР, 1970. С. 5–58.
2. Побединский А.В. Изучение лесовосстановительных процессов. М.: Наука, 1966. 60 с.
3. Сукачев В.Н. Руководство к исследованию типов леса. Избр. труды. Т. 1. Л.: Наука, 1972. С. 15–141.
4. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 144 с.
5. Шешуков М.А., Пешков В.В. О соотношении понятий «огнестойкость», «пожароустойчивость» и «пиропитность» // Лесоведение, 1984, № 5. С. 60–63.

ПРОБЛЕМЫ ИНТЕНСИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ВОСПРОИЗВОДСТВА ЛЕСОВ В РОССИИ

В.А. СОКОЛОВ, О.П. ВТЮРИНА, Н.В. СОКОЛОВА, Д.С. ХИНЕВИЧ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (sokolovva@ksc.krasn.ru)

PROBLEMS OF INTENSIVE USE AND REPRODUCTION OF FORESTS IN RUSSIA

V.A. SOKOLOV, O.P. VTYURINA, N.V. SOKOLOVA, D.S. KHINEVICH

V.N. Sukachev Institute of Forest, SB RAS, Krasnoyarsk (sokolovva@ksc.krasn.ru)

Современная парадигма природопользования была сформирована в 1992 г. на конференции ООН по окружающей среде и развитию. В лесном секторе много лет господствовала идея постоянства лесопользования, но смена социально-экономической системы, в том числе и в России, подорвала ее устои. Из существующих ныне представлений о прогрессе в лесном комплексе наиболее употребительной оказалась устойчивость развития – *sustainable development*.

На базе предложений по устойчивости развития сформирована идея адаптивного управления, являющегося модификацией лесопользования в связи с постоянно изменяющимися социально-экономическими и экологическими условиями.

Одной из ключевых задач, стоящих перед лесной отраслью, является интенсификация использования и воспроизводства лесов. Учитывая уровень лесного хозяйства России, задачи воспроизводства лесных ресурсов и их рационального использования будут оставаться актуальными на ближайшую и среднесрочную перспективу.

В последние годы разработаны различные концепции и стратегии развития лесного сектора Российской Федерации и ее субъектов. К сожалению, эти документы по своей сути направлены на развитие лесопромышленного комплекса, то есть древесинопользование. Между тем лесной сектор состоит из пяти основных взаимосвязанных блоков:

- 1) лесное хозяйство,
- 2) лесопромышленный комплекс,
- 3) промысловое использование лесов,
- 4) сельскохозяйственное использование лесов,
- 5) биосферное использование лесов.

Биосферное использование лесов всегда будет стоять на первом месте [2, 3].

Все леса имеют многофункциональное значение, поэтому организация лесного хозяйства в современных условиях должна быть направлена прежде всего на многоцелевое лесопользование. Необходимо признать равнозначность функций леса, что повлечет за собой признание равнозначности режимов лесопользования. Поэтому эксплуатационный режим – такой же вид лесопользования, как водоохранный, запретный, рекреационный и др.

Оценки леса, исходящие только из учета древесины, приносят объективный вред лесному хозяйству, поскольку занижают ценность многих лесных участков, которые имеют большое экологическое и социальное значение.

Исходя из вышесказанного и должны разрабатываться стратегии и программы развития лесного комплекса, в том числе и на региональном уровне. Поэтому весьма актуальной является разработка программы развития лесного комплекса Красноярского края на период до 2030 г.

При этом необходимо решить проблему инерционного мышления и отсутствия прогнозных оценок развития лесной отрасли при переходе ее на инновационный, интенсивный путь ведения хозяйства.

Учитывая вышеизложенное, необходима разработка государственной Программы развития лесного сектора России на среднесрочный период (до 2030 г.). В этой Программе экономическая модель интенсивного использования и воспроизводства лесов займет одно из центральных мест.

Основная цель государственной Программы, равно как и экономической модели, – постоянный наивысший доход при сохранении и улучшении состояния лесов.

Основные проблемы и задачи, которые нужно решить:

1. Разработка методик и нормативно-правовой базы, соответствующих условиям рыночной экономики. Прежде всего это касается методик определения эколого-экономической доступности и экономической оценки лесных ресурсов и земель.
2. Должен быть изменен подход к определению стоимости и платы за лесные ресурсы. Плата за лесные ресурсы должна базироваться на их стоимости на основе лесной ренты.

3. Затраты на интенсификацию в лесном секторе должны подразделяться на текущие (ежегодно окупаемые) и капитальные (инвестиции).
4. Необходимо возродить лесную экономику на основе рыночного механизма в сочетании с системой государственного регулирования и общественными интересами.
5. Лесное планирование на основе экономического анализа предыдущего развития лесного комплекса.
6. Возрождение лесоустройства в целях повышения достоверной информации о лесах. Применение в модельных лесах с интенсивным использованием и воспроизводством участкового метода лесоустройства. Применение высокотехнологичных и экономически эффективных методов лесоинвентаризации на основе дистанционного зондирования лесного покрова и ГИС (эти технологии активно разрабатываются, но внедряются с большой инерцией).
7. Организация интенсивного лесного хозяйства в защитных, в том числе кедровых лесах, которые в настоящее время носят почти заповедный характер.
8. Классификация лесных участков по производительности с целью выявления пригодных для интенсивного лесовыращивания. По нашим ориентировочным подсчетам, таких участков в Сибири около 15 млн га. При обороте рубки 70 лет на этой площади возможно получение ежегодно до 100 млн м³ ценной хвойной древесины.
9. Обязательная сертификация интенсивных хозяйств.
10. Исполнение Программы обязательно потребует изменения системы лесоправления. Действующая система не позволит осуществить Программу.
11. Исполнение Программы потребует совершенствования подготовки квалифицированных кадров лесо-экономического профиля на уровне высшего и среднего звеньев.

При разработке стратегии развития лесного комплекса Красноярского края до 2030 г. должны быть максимально учтены природно-экономические условия края по лесорастительным зонам и лесным районам, Основы государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в Российской Федерации на период до 2030 г. и соответствующие стратегии развития лесопромышленного комплекса и лесного хозяйства на период до 2020 г., а также Прогноз развития лесного сектора Российской Федерации до 2030 г. [1].

В стратегии должны быть учтены все пять вышеуказанных блоков, составляющих лесной комплекс. В ее содержании следует учитывать основополагающие факторы:

- основы организации устойчивого лесопользования (своевременность и достоверность данных о лесных ресурсах, их эколого-экономическая доступность и оценка, экономически доступные ежегодные расчетные лесосеки, возрасты и способы рубок, охрана окружающей среды, соблюдение требований лесной сертификации с учетом сохранения биоразнообразия, способы и технологии рубок, дорожное строительство и лесная инфраструктура, ревизия инвестиционных проектов на предмет соответствия лесосырьевым ресурсам, организация модельных лесов, организация хозяйства в защитных, в том числе кедровых, лесах и др.);
- разработка региональных правил использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов;
- формы и методы частно-государственного партнерства в сфере использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, направленные на совершенствование организации устойчивого лесопользования;
- повышение экономической эффективности лесного комплекса;
- соблюдение интересов населения, прежде всего, лесных поселков и общин.

Для качественной разработки Программы и экономической модели в ней рекомендуется создать рабочую группу из квалифицированных специалистов – ученых и практиков. Это серьезная работа, в которой не должно быть признаков аврала и штурмовщины.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Прогноз лесного сектора Российской Федерации до 2030 г.* FAO, Рим, 2012. 86 с.
2. *Соколов В.А.* Перспективы развития лесного комплекса Сибири // Сиб. экол. журн., 2008, № 3. С. 361–369.
3. *Соколов В.А., Втюрина О.П., Соколова Н.В.* О разработке региональных программ развития лесного комплекса // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Международ. науч. конгр., 13–25 апреля 2015 г., Новосибирск: Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью»: сб. матер. в 4 т. Т. 4. Новосибирск: СГУГиТ, 2015. С. 3–6.

ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ НА УЧАСТКАХ ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

А.В. СОФРОНОВА¹, А.В. ВОЛОКИТИНА²

¹МБОУ Саяногорска «ЧСШ № 1», Саяногорск (asofronova.rf@gmail.com)

²Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (volokit@ksc.krasn.ru)

FIRE DANGER ON PATCH OIL-AND-GAS FIELDS

A.V. SOFRONOVA¹, A.V. VOLOKITINA²

¹MBEI Sayanogorsk city «ChSS № 1» (asofronova.rf@gmail.com)

²V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (volokit@ksc.krasn.ru)

Мировой опыт показывает, что освоение нефтегазовых месторождений сопровождается увеличением количества антропогенных источников загорания. Предварительная оценка пожарной опасности, включающая оценку природной пожарной опасности участка (ППО) и оценку пожароопасности нефтегазовых объектов (НГО), а также роли объектов инфраструктуры месторождения при распространении горения, может служить эффективным решением в снижении воздействия нефтегазовой отрасли на окружающую природную среду и повышении экологической безопасности.

В настоящее время общепринятой оценкой ППО в лесном хозяйстве России является оценка по пяти классам природной пожарной опасности, при которой все многообразие лесных и нелесных участков характеризуется достаточно грубо, интегрировано. При этом не учитывается сезонная динамика растительности. Более совершенной является оценка природной пожарной опасности на основе классификации растительных горючих материалов и их картографирования, разработанная в Институте леса им. В.Н. Сукачева СО РАН [1]. Согласно этому методу дается детальная пирологическая характеристика растительности, представленной на участке, затем по ней создается карта растительных горючих материалов (РГМ). Карта РГМ служит основой для изготовления оценочных карт текущей ППО в зависимости от погодных условий. Погодные условия характеризуются классами засухи (КЗ); готовность напочвенного покрова к возникновению горения («пожарную зрелость») и возможность распространения горения по нему характеризуются значениями критического класса засухи (ККЗ) основных проводников горения (ОПГ) [1] – важной пирологической характеристики, отображаемой на картах РГМ.

В вопросе оценки пожароопасности НГО имеются данные по их воздействию на горимость участков месторождений Западной Сибири [7]. С 2008 г. ведется мониторинг изменений окружающей среды и на нефтегазовых месторождениях Красноярского края. В рамках этих работ была исследована динамика площадей горельников за период с 1970 по 2008 г. на Юрубчено-Тохомском месторождении (ЮТМ), расположенном в средней тайге. Выявлено, что с освоением месторождения, увеличением отвода земель под НГО резко возросла и площадь горельников [3].

В 2013 г. проводилась оценка ППО на участке освоения ЮТМ по лесоустроительным материалам [5]. В результате этой работы были выявлены недостаточная актуальность данных лесоустройства (инвентаризация проводилась в 1992 г.) и отсутствие информации по некоторым участкам исследования. Для оценки пожарной опасности возникла необходимость в привлечении данных космических снимков и разработке эталонов дешифрирования типов ОПГ по ним.

В результате использования материалов лесоустройства и космических снимков, а также опыта проведения полевых работ в северной тайге [4, 6] и дешифрирования космического снимка была составлена карта РГМ на участок освоения ЮТМ общей площадью 103,3 км².

Из представленных на исследуемом участке ЮТМ типов ОПГ уже при I ККЗ весной/осенью созревает травяно-ветошный тип (Тв). Участки с данным типом ОПГ находятся южнее вахтового поселка. При I и II ККЗ пожарной зрелости достигает сухомшистый тип (Сх), его небольшой участок располагается в северной части вахтового поселка. К западной части поселка примыкает участок с влажномшистым типом (Вл), созревающий при III ККЗ. Эту информацию о критических классах засухи участков, окружающих вахтовый поселок, необходимо учитывать при засушливой погоде для принятия своевременных мер противопожарной профилактики.

При оценке природной пожарной опасности в пожароопасный период важно также учитывать наличие участков с возможным преобразованием одних типов основных проводников горения в другие. Так, например, осока на болотах образует весной и осенью травяно-ветошный тип ОПГ, который созревает при I КЗ. Летом такие участки характеризуются болотно-моховым типом ОПГ, способным высохнуть до горимого состояния только при сильной засухе.

Для исследуемого участка ЮТМ на основе карты РГМ была выполнена оценка текущей природной пожарной опасности для весеннего, осеннего и летнего периодов при третьем классе засухи по условиям погоды. Участки, готовые к распространению горения, обозначаются на карте красным цветом (вы-

сокая пожарная опасность), участки, на которых возможность распространения горения неопределенная, – желтым цветом (средняя пожарная опасность) и участки, не готовые к горению, – зеленым цветом (отсутствие пожарной опасности).

В соответствии с исследованиями, проведенными на месторождениях Западной Сибири [7], на оценочной карте выделены НГО как потенциальные источники загораний, обладающие: высокой пожарной опасностью – факелы, кусты и другие объекты, имеющие скопление углеводородов (пункты сбора нефти), средней пожарной опасностью – разведочные объекты и объекты транспорта, низкой пожарной опасностью – промышленные минерализованные площадки, на которых могут присутствовать горючесмазочные материалы, и объекты, пожарная опасность на которых отсутствует – распространение горения невозможно, например, карьеры камня, песка.

Просеки геофизических профилей имеют ширину около 4 м. При отсутствии захлamlения и зарастания злаками они выполняют роль опорных линий для отжига при остановке распространения горения. К таким опорным линиям можно также отнести дороги и коридоры коммуникаций в случае отсутствия захлamlения и источников загорания на них.

Для ориентирования на местности и более эффективного управления пожарами на карте ППО обозначаются номера кварталов и выделов. На участках, где оценка природной пожарной опасности выполняется по результатам дешифрирования космического снимка, указываются номера выделенных по снимку и топооснове природно-территориальных комплексов.

Анализ карт ППО показывает, что при одних и тех же погодных условиях пожарная опасность весной/осенью выше, чем летом. Это объясняется наличием на территории участков с осоками и злаковой растительностью, которые образуют весной и осенью пожароопасную травяную ветошь. В летнее время в период вегетации, когда запас зеленых трав превышает запас усохших, распространение пламенного горения исключено. В весенний/осенний период площадь с высокой пожарной опасностью составляет около 60 км² (58%), при изменении погоды в сторону засушливости она может увеличиться на 10 км² (10%). При этом нефтегазовые объекты с высокой пожарной опасностью добавляются к участкам растительности, по которым возможно распространение горения. В летний период площадь с высокой пожарной опасностью составляет 44,5 км² (43%), при нарастании засухи она может так же увеличиться на 10 км² (10%). Таким образом, оценка пожарной опасности с учетом пожароопасности НГО и оценки *природной* пожарной опасности на основе карт РГМ позволяет составлять прогнозы возникновения горения и его распространения в различное время года с учетом особенностей вегетационного периода растительности и ее пожарного созревания.

Разработанная карта оценки природной пожарной опасности для участка ЮТМ фактически является основным результатом выполненной пирологической экспертизы [2,5] и может быть использована для оценки воздействия НГО на окружающую среду, а также в целях обеспечения промышленной и экологической безопасности объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волокитина А.В., Софронов М.А. Классификация и картографирование растительных горючих материалов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 314 с.
2. Волокитина А.В. Пирологическая экспертиза ресурсодобывающих предприятий // Вестник КрасГАУ, 2012, 6. С. 67–72.
3. Софронова А.В. Картографирование изменений на лесных территориях под воздействием объектов нефтегазовой отрасли // Исследование компонентов лесных экосистем Сибири. Красноярск: Изд-во Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2011. С. 64–67.
4. Софронова А.В. Оценка природной пожарной опасности на участке размещения объекта нефтегазового комплекса по данным дешифрирования космического снимка сверхвысокого разрешения // Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов: тезисы докладов III Междунар. конф., г. Тюмень, 2012 г. Тюмень: Изд-во ТГУ, 2012. С. 222–224.
5. Софронова А.В., Волокитина А.В. Разработка метода пирологической экспертизы на примере Юрубчено-Тохомского нефтегазового месторождения // Вестник КрасГАУ, 2014, 3. С.117–123.
6. Софронова А.В., Волокитина А.В. Составление карты растительных горючих материалов для объекта нефтегазового комплекса по данным дешифрирования космического снимка сверхвысокого разрешения // Проблемы региональной экологии. М.: Камертон, 2014, 4. С. 100–104.
7. Чижов Б.Е. Охрана и рекультивация таежных экосистем при нефтегазодобыче. Пушкино: ВНИИЛМ, 2011. 254 с.

БЛАГОДАРНОСТИ. Авторы признательны зам. директора по научной работе КФ ОАО «НИИП центр «Природа» А.П. Лопатину и зам. директора ФГУП «Рослесинфорг» «Востсиблеспроект» В.М. Скудину за предоставленные материалы для исследования.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ И ПРОГНОЗ ВСПЫШЕК МАССОВОГО РАЗМНОЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ НАСЕКОМЫХ

В.Г. СУХОВОЛЬСКИЙ^{1, 2, 4}, А.В. КОВАЛЕВ², Е.Н. ПАЛЬНИКОВА³, О.В. ТАРАСОВА⁴

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (soukhovolsky@yandex.ru)

²Красноярский научный центр СО РАН, Красноярск (sunhi.prime@gmail.com)

³Сибирский государственный технологический университет, Красноярск (e_palnokova@mail.ru)

⁴Сибирский федеральный университет, Красноярск (olvitarasova2010@yandex.ru)

MODELING OF POPULATION DYNAMICS AND FORECASTING OF FOREST INSECTS OUTBREAKS

V.G. SOUKHOVOLSKY^{1, 2, 4}, A.V. KOVALEV², E.N. PALNIKOVA³, O.V. TARASOVA⁴

¹V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (soukhovolsky@yandex.ru)

²Krasnoyarsk scientific center SB RAS, Krasnoyarsk (sunhi.prime@gmail.com)

³Siberian State Technological University, Krasnoyarsk (e_palnokova@mail.ru)

⁴Siberian Federal University, Krasnoyarsk (olvitarasova2010@yandex.ru)

С точки зрения системного подхода при моделировании динамики численности следует рассматривать изучаемый вид насекомых, его паразитов и хищников, виды-конкуренты, состояние кормовых растений, погодные условия в течение года, ландшафт и т. п. Если сообщество включает n видов, взаимодействующих друг с другом, то стандартный подход к моделированию состоит в рассмотрении системы из n уравнений, каждое из которых описывает динамику отдельного вида с учетом его взаимодействия с другими видами в сообществе [2]:

$$\frac{dx(i)}{dt} = f(x(i))x(i) + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n g(ij)x(i)x(j), \quad (1)$$

где $x(j)$ – плотность популяции j -го вида насекомых ($j = 1, \dots, n$); $f(x)$ – функция, характеризующая рост популяции i -го вида; $g(ij)$ – функции, характеризующие взаимодействие вида i с прочими видами в сообществе.

Однако учесть все эти взаимодействия в модели нереально не только потому, что учет всех факторов увеличивает размерность модели и при большом числе взаимодействующих видов задача оценки коэффициентов модели представляется «неподъемной», но и потому, что характеристики всех компонентов системы мы не знаем. Обычно известна только плотность популяции изучаемого вида, функции же взаимодействия неизвестны и вообще неясно, аддитивно ли взаимодействие разных видов на моделируемый вид. Даже если что-то известно о сопутствующих изменению плотности популяции показателях – например, о погоде на территории, все равно точно неизвестно, как именно, когда именно и какие именно погодные показатели влияют на изменение плотности популяции. При большом числе видов в сообществе число его возможных устойчивых состояний может быть очень большим, и неясно, какие из потенциально возможных взаимодействий будут реализовываться.

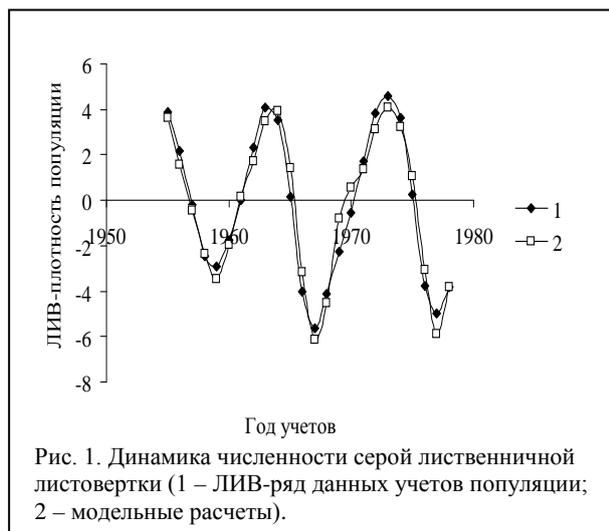
Кроме того, в стандартной модели при учете воздействия модифицирующих факторов на популяции через дополнительные уравнения, описывающие влияние модифицирующих факторов, число уравнений в модельной системе, по меньшей мере, удвоится, и задача поиска решений станет совершенно неподъемной.

В качестве альтернативы стандартной модели (1) в настоящей работе рассматривается авторегрессионная модель с распределенным лагом (ARDL-модель) [6]. В этой модели влияние регулирующих факторов на текущую плотность популяции описывается через предыдущие значения плотности моделируемой популяции, а влияние модифицирующих факторов – лаговыми значениями погодных характеристик.

$$L(i+1) = \sum_{j=0}^k a(j+1)L(i-j) + \sum_{j=0}^h b(j+1)W(i-j) + X_0, \quad (2)$$

где L – трансформированная плотность популяции; W – сезонный гидротермический коэффициент; a , b – коэффициенты модели; k – порядок AR-компоненты модели, h – порядок погодного лага.

При построении модели начальный ряд данных трансформируем в ЛИВ-ряд (Линейный Инвариантный во Времени) [3]. Трансформация временных рядов динамики численности заключается в уменьшении дисперсии ряда плотности популяции путем перехода к логарифмической шкале, выделения тренда и среднего многолетнего значения, выделения высокочастотной составляющей ряда. Запаздывание AR-компоненты в модели оценивается по парциальной автокорреляционной функции трансфор-



мированного временного ряда [1]. Далее вычисляются коэффициенты модельных авторегрессионных уравнений с заданным значением порядка авторегрессии и с различными значениями порядка лаговой составляющей, оценивается достоверность рассмотренной модели, значимость ее коэффициентов, и члены ARDL-модели с незначимыми коэффициентами исключаются из модели.

Согласие модели и ЛИВ-ряда данных учетов численности по амплитуде характеризуется величиной коэффициента детерминации R^2 . Величину сдвига по фазе между модельным рядом и ЛИВ-рядом характеризует кросс-корреляционная функция [1].

На рис.1 в качестве примера приведены временной ЛИВ-ряд данных учетов численности серой лиственничной листовёртки в Альпах (по данным [5]) и модельный ARDL-ряд.

Таким образом, в ARDL-модели популяции насекомых используются только данные учетов прошлых лет и данные по погоде. Воздействия регулирующих факторов – паразитов, хищников и (при определенных условиях) кормового ресурса учитываются косвенно через запаздывание в AR-компоненте модели.

Процедура построения прогноза динамики численности на основе предлагаемого подхода включает трансформацию ряда данных плотности популяции изучаемого вида лесных насекомых в стационарный временной ряд с конечным четвертым моментом, построение ARDL-модели динамики численности изучаемого вида лесных насекомых, тестирование переменных в модели и оценку причинности по Грейнджеру [4], оценку вклада авторегрессионных компонентов стационарного временного ряда и, наконец, построение прогноза временной динамики по фазе и (или) амплитуде и оценку ошибки прогноза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление, вып. 1. М.: Мир, 1974. 406 с.
2. Братусь А.С., Новожилов А.С., Платонов А.П. Динамические системы и модели в биологии. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 400 с.
3. Исаев А.С., Пальникова Е.Н., Суховольский В.Г., Тарасова О.В. Динамика численности лесных насекомых-филлофагов: модели и прогнозы. М.: КМК, 2015. 262 с.
4. Подкорытова О.А., Соколов М.В. Анализ временных рядов. М.: Юрайт, 2016. 266 с.
5. Baltensweiler W. *Zeiraphera griseana* Hubner (Lepidoptera, Tortricidae) in the European Alps. A contribution to the problem of cycles // Can. Entomol., 1964, vol. 96, № 5. Pp. 792–800.
6. Stock T.H., Watson M.W. Introduction to Econometrics. N.Y.: Addison-Wesley, 2011. 836 p.

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 15-04-01192).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФЕНОДИНАМИКИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАЗЕМНЫХ И ДИСТАНЦИОННЫХ ДАННЫХ

В.Г. СУХОВОЛЬСКИЙ¹, Т.М. ОВЧИННИКОВА¹, Ю.Д. ИВАНОВА², И.Ю. БОТВИЧ², Е.Б. АНДРЕЕВА³, А.А.КНОРРЕ³

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (soukhovolsky@yandex.ru; ovchinnikova_tm@mail.ru)

²Институт биофизики СО РАН, Красноярск (lulichkja@rambler.ru; irina.pugacheva@mail.ru)

³ФГБУ «Государственный заповедник «Столбы», Красноярск (elan56789@gmail.com; aknorre@ksc.krasn.ru)

TREE'S PHENOPHASES MODELING WITH THE HELP OF TERRESTRIAL AND REMOTE DATA

V.G. SOUKHOVOLSKY¹, T.M. OVCHINNIKOVA¹, YU.D. IVANOVA², I.YU. BOTVICH², E.B. ANDREEVA³, A.A. KNORRE³

¹V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (soukhovolsky@yandex.ru; ovchinnikova_tm@mail.ru)

²Institute of Biophysics SB RAS, Krasnoyarsk (lulichkja@rambler.ru; irina.pugacheva@mail.ru)

³National Nature Reserve Krasnoyarsk Stolby (elan56789@gmail.com; aknorre@ksc.krasn.ru)

Наблюдения за сезонной динамикой развития растений и определение календарных дат различных фаз сезонной динамики – одна из старейших областей экологических исследований. В настоящее время фенологические наблюдения рассматриваются как инструмент для обнаружения влияния изменчивости климата на растительность.

Для описания временной динамики перехода от фазы зимнего покоя к фазе активного фотосинтеза используется эмпирический показатель – сумма эффективных температур, необходимая для наступления этого фенособытия. Предполагается, что эта величина – некоторая экологическая постоянная. Тем не менее полного понимания (а тем более, понимания) механизмов реализации фенологических процессов до настоящего времени не достигнуто. Расчеты по модели суммы эффективных температур для конкретных насаждений не дают достаточно точных оценок сроков начала распускания листьев, а даты начала опада этой моделью вообще не прогнозируются.

В задачи настоящей работы входят разработка математической модели, с единых позиций описывающей такие фенологические события, как распускание и опад листьев, и использование характеристик модели для описания состояния лесных насаждений.

Для анализа фенодинамики таких древесных пород, как береза *Betula pendula* Rotsh., осина *Populus tremula* L., лиственница *Larix sibirica* Ledeb., использовались данные фенологических наблюдений, проводившихся с 1951 г. по настоящее время на территории заповедника «Столбы» (40 км от Красноярска).

Ежегодно для каждой древесной породы наблюдатели определяли даты начала распускания листьев (появления хвои), полного распускания листьев (хвои) и начала опадания листьев (хвои). Кроме фенологических наблюдений, на метеостанции заповедника велись постоянные наблюдения за температурой воздуха.

Кроме того, для определения фенодат в насаждениях листопадных древесных пород использовались дистанционные методы. Для получения ежедневных данных о величине NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) изучаемых объектов проведена предварительная тематическая обработка спутниковых данных Modis/Terra (продукты MOD09GQ, MOD09GA). Обработка спутниковой информации выполнена с помощью специализированного программного обеспечения, разработанного на основе языка IDL 6.0 (the Interactive Data Language). В ходе тематической обработки производился расчет NDVI на основе данных красного (pred) и ближнего инфракрасного (pNIR) диапазонов оптического спектра:

$$NDVI = (pNIR - pred) / (pNIR + pred). \quad (1)$$

Для описания сезонной фенодинамики предложена модель фазового перехода первого рода. Согласно этой модели предполагается, что дерево может находиться в одном из двух возможных состояний (фаз): в активной фазе 1, в которой идет поглощение световой энергии, накопление энергоресурсов и рост фитомассы дерева, и в фазе покоя 2, когда накопленная энергия расходуется на поддержание существования дерева и его защиту от воздействия низких температур или сохраняется для последующего синтеза новой фитомассы весной. Каждая из этих фаз характеризуется определенным значением текущего потока энергии $I(t)$. Модель фенодинамики описывает переход растения из состояния $I(1)$ в состояние $I(2)$ и обратно как фазовый переход первого рода. Для расчетов введено балансовое уравнение накопления и потребления энергии деревьями листопадных пород, согласно которому накопления энергии в активный период в году ($i-1$) = затратам энергии осенью ($i-1$ -го года, зимой и весной года i + энергия, зарезервированная для синтеза нового фотосинтетического аппарата.

Накопления и затраты энергии предполагаются пропорциональными произведению продолжительности отдельных фаз фенодинамики на среднюю температуру воздуха в каждой из этих фаз.

Исходя из предложенной модели, введено уравнение для описания зависимости продолжительности весеннего периода n_{sp} в i -м году от продолжительности n_s и средней температуры T_s летнего периода года $(i-1)$, продолжительности n_w и медианной температуры зимы T_w i и $(i-1)$ годов, средней температуры T_{sp} весеннего периода i -го года:

$$\ln n_{sp}(i) = a_0 + a_1 \ln n_s(i-1) + a_2 \ln T_s(i-1) + a_3 \ln n_w(i-1, i) + a_4 \ln |T_w(i-1, i)| + a_5 \ln T_{sp}(i) + Z(i). \quad (2)$$



Рис. 1. Сравнение модельных расчетов и наблюдений продолжительности весеннего периода для березы (1 – наземные измерения; 2 – дистанционные измерения).

Уравнение (2) для продолжительности весеннего периода n_{sp} можно рассматривать как многофакторное регрессионное уравнение; зная даты фенофаз по наземным и дистанционным наблюдениям и данные метеонаблюдений, вычислили коэффициенты этого уравнения и определили модельные значения n_{sp} . На рис. 1 сопоставлены результаты модельных расчетов и данные наблюдений за продолжительностью весеннего периода для березы.

Как видно из рис. 1, результаты модельных расчетов хорошо согласуются с данными как наземных, так и дистанционных наблюдений. В табл. 1 представлены характеристики регрессионной модели для березы (в числителе) и осины (в знаменателе).

Таблица 1. Характеристики регрессионной модели (2) для березы (в числителе) и осины (в знаменателе)

Характеристики	Переменные в модели					
	T_{sp}	T_w	n_w	T_s	n_s	A
Коэффициент	-1,11/-1,42	0,0005/0,34	-3,85/-1,24	-0,29/-0,13	0,39/0,43	25,0/10,8
Ошибка	0,25/0,25	0,21/0,16	0,92/0,35	0,93/0,98	0,28/0,35	6,1/5,4
R^2 для модели	0,71/0,72					

Значения коэффициентов в модельном уравнении (2) характеризуют восприимчивость значений n_{sp} к изменениям значений переменных модели. Как видно из табл. 1, продолжительность весеннего периода (от устойчивого перехода температуры воздуха к значениям, большим 0°C , до момента начала распускания листьев) зависит не только от средней температуры весеннего периода (как это представляется в модели суммы положительных температур), но и от продолжительностей прошедших зимы и лета и температуры зимы (для осины).

Таким образом, предложена модель фенодинамики, позволяющая с хорошей точностью (коэффициенты детерминации R^2 уравнения (2) составляют 0,71 для березы и 0,72 для осины) описать наблюдаемые фенособытия, введены показатели восприимчивости деревьев в насаждениях к влиянию климатических факторов и показано, что для верификации модели (2) можно использовать данные дистанционных измерений.

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа поддержана совместным грантом РФФИ и Красноярского краевого фонда науки № 15-45-04034 p_сибирь_a.

ФОРМИРОВАНИЕ ЦЕЛЕВЫХ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ РУБКАМИ

Н.Н. ТЕРИНОВ¹, Е.М. АНДРЕЕВА²

¹Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург (n_n_terinov@mail.ru)

²Ботанический сад УрО РАН (e_m_andreeva@mail.ru)

FORMATION OF THE PURPOSED CONIFEROUS FORESTS BY CUTTINGS

N.N. TERINOV¹, YE.M. ANDREYEVA²

¹The Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg (n_n_terinov@mail.ru)

²The Botanical Garden of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences (e_m_andreeva@mail.ru)

Выращивание высокопродуктивных лесных насаждений из деревьев хозяйственно ценных пород всегда было и остается приоритетным направлением отечественного лесоводства. В таежной зоне России задача по выращиванию целевых лесов, которыми в большинстве случаев являются хвойные насаждения, совпадает с выполнением ими наилучшим образом биосферных, водоохраных и защитных функций. Кроме того, эти насаждения являются привлекательными и по экономическим соображениям. Функционирование лесопромышленного производства (в широком понимании) сопровождается уменьшением площадей целевых пород, ростом их удаленности от перерабатывающих предприятий, что соответственно увеличивает расстояния вывозки заготовленной древесины и отражается на ее стоимости. Улучшить лесной фонд в перспективе можно при постепенном переходе к выборочной форме хозяйства и целенаправленной замене производных насаждений на коренные (условно коренные) способами и методами, сопровождающими и ускоряющими естественный процесс лесообразования. В данной работе обобщены многолетние результаты наблюдений за формированием сосновых и еловых древостоев рубками.

Целью первого исследования являлась апробация технологии каймовой рубки (рубки Вагнера) как перспективного способа формирования на лесосеке хвойного молодняка. Рубки проектируются в насаждениях, прилегающих к ЛЭП, дорогам, вырубкам, противопожарным разрывам и т. д. Именно на границе с открытыми пространствами создаются наиболее благоприятные условия для появления, роста и развития древесных пород, что многократно повышает лесоводственную и экономическую эффективность этого способа рубки. Технология каймовой рубки опробована в сосновом насаждении в кв. 2 Винокуровского участка лесничества Сухоложского лесничества (Свердловская область): тип леса – сосняк травяной, почва – свежая серая лесная, бонитет – I, состав колеблется от 7 до 9 экз. сосны и от 1 до 3 экз. березы, полнота – от 0,7 до 0,9, средний диаметр – 32 см, средняя высота – 27 м, возраст – 85 лет, запас – около 500 м³/га. Участок вытянут в направлении север – юг и с восточной стороны ограничен ЛЭП шириной 100 м. При обследовании таксационного выдела было выявлено наличие до 2,5 тыс. экз./га жизнеспособного соснового подроста высотой около 1 м, возраст которого колебался в пределах 6–16 лет. Также была отмечена особенность пространственного размещения по площади таксационного выдела: сосновый подрост в количестве 10 тыс. экз./га располагался на относительно узком (30 м) участке на границе с ЛЭП. Это обстоятельство и определило ширину лесосеки.

Проводилась выборочная и сплошная рубка деревьев. Опытный участок был разделен на 6 секций. Первая использовалась в качестве контрольной, и на ней рубка не проводилась. На второй, третьей, четвертой и пятой секциях интенсивность выборки составила соответственно 37, 62, 72, 77% по запасу. На шестой была проведена сплошная рубка с сохранением подроста.

Повторные наблюдения, проведенные через 15 лет, показали, что способ сплошной рубки с точки зрения формирования соснового молодняка оказался наиболее перспективным (табл. 1). Так, высоты

Таблица 1. Параметры подроста сосны через 15 лет после рубки

Показатели	В среднем на участке	В том числе на расстоянии от опушки леса вглубь древостоя, м		
		0–5	5–15	15–25
Контрольный участок (первая секция)				
Количество особей, тыс. экз./га	3,0	6,2	2,0	0,8
Высота, м	4,5 ± 0,25	4,9 ± 0,30	4,9 ± 0,41	3,9 ± 0,15
Сплошной вариант каймовой рубки (шестая секция)				
Количество особей, тыс. экз./га	2,2	2,9	2,6	1,0
Высота, м	7,6 ± 0,43	8,4 ± 0,45	7,9 ± 0,30	6,3 ± 0,46

отдельных деревьев достигали 9 и более метров, а средняя их высота на 0,5–0,9 м достоверно превышала этот показатель на вариантах выборочной рубки. Фактически на участке сплошной рубки сформировался 25–30-летний сосновый молодняк II класса бонитета (против IV на контрольном участке) с равномерным размещением деревьев в количестве 2 тыс. экз./га. Кроме того,

на всех секциях не было зафиксировано ветровальных деревьев. Наиболее тесная, достоверная и прямо-

линейная связь современной высоты подроста установлена с его высотой до рубки ($r = 0,53$). То есть при формировании целевых лесов рубками необходимо ориентироваться главным образом на подрост крупной категории высот. Это не противоречит выводам других исследователей [3, 4]. На основании выявленных общих закономерностей роста подроста сосны и ели и их реакции на изменение в результате рубок экологических условий сделан вывод, что собственно каймовая рубка или эта рубка в комбинации с каким-либо другим способом будут также эффективны и при формировании еловых насаждений [1].

Второе исследование посвящено вопросу формирования темнохвойных насаждений через кратковременную смену пород. В результате этой работы предложена система рубок трансформации, применение которой позволяет сформировать темнохвойное насаждение на относительно ранних стадиях онтогенеза мягколиственного древостоя и закончить этот процесс до возраста его спелости. Эффект достигается непосредственно за счет входящих в систему цикла рубок трансформации, осуществляемых в форме выборочных рубок. Цель рубок трансформации – уход за нижними ярусами темнохвойных пород в средневозрастных и приспевающих мягколиственных древостоях. Это является их принципиальным отличием от рубок ухода [2]. В зависимости от состояния насаждения в нем может быть предпринята одна, две или три рубки. Срок первой рубки связан с появлением всходов ели и пихты на вырубках или под пологом мягколиственных древостоев и рассчитывается по формуле:

$$y = 0,01x^2 - 0,8x + 28,9, \text{ при } 0 < x < 35 (\eta = 0,98 \pm 0,08), (1)$$

где функция «у» – возраст темнохвойного подроста, при котором назначается первая рубка трансформации, а аргумент функции «х» – возраст мягколиственных пород в момент появления всходов ели и пихты. Согласно уравнению (1), при одновременном заселении вырубок темнохвойными и мягколиственными породами первая рубка трансформации проводится в средневозрастном березовом древостое при возрасте подроста ели и пихты 28 лет; при появлении темнохвойных деревьев под пологом 5-летних мягколиственных молодняков ($x = 5$) – в возрасте 25 лет и так далее. Таким образом, минимальный возраст мягколиственного древостоя, в котором проводится первая рубка трансформации, и соответственно максимальный для елово-пихтового подроста составляет около 30 лет. 50-летний возраст мягколиственного древостоя является максимальным для проведения рубки трансформации. В этом случае назначается одна рубка по достижении темнохвойным подростом возраста около 15 лет. В случае цикла рубок период между ними установлен в 8–10 лет. В процессе их проведения полнота снижается и поддерживается на уровне 0,5–0,6. Последняя рубка является двухприемной и проводится способом равномерно-постепенным или чересполосно-постепенным. В первый прием равномерно-постепенной рубки вырубается темнохвойные деревья (если они есть в составе древостоя) и наиболее развитые мягколиственные породы. В результате такого отбора создаются благоприятные условия для роста темнохвойного подроста, а в период между приемами сдерживается появление поросли мягколиственных пород и снижается вероятность гибели деревьев в результате ветровалов. При чересполосной постепенной рубке ширину оставляемых и вырубаемых полос (включая волок) рекомендуется ограничивать 20 м. Это обеспечит высокую сохранность подроста при проведении лесосечных работ, а между приемами рубки – его защиту кронами деревьев и равномерное снеготаяние на лесосеке. В результате опытно-производственной проверки сразу после завершения рубок трансформации образовался 30–35-летний темнохвойный молодняк составом 7П2Е1Ос+Б, имеющий среднюю высоту 4,9 м, в количестве 5,9 тыс. экз./га (кв. 124 Бардымского участкового лесничества Нижнесергинского лесничества, Свердловская область). На другом участке через 7 лет после завершения цикла рубок трансформации сформировался среднеполнотный (0,45) 55-летний средневозрастный древостой составом 8Е1П1Б, ед. К средней высоты и диаметра соответственно 14 м и 17 см запасом 105 м³/га (кв. 206 Красноуральского участкового лесничества Красноуральского лесничества, Свердловская область).

Практическое использование результатов исследований будет способствовать реализации задач по сдерживанию процесса смены пород, постепенному сокращению площадей производных мягколиственных насаждений и в конечном итоге установлению приемлемого баланса хвойного и лиственного хозяйств в лесном фонде предприятий, областей, территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Теринов Н.Н., Терин А.А., Магасумова А.Г.* Каймовые рубки как метод сохранения и восстановления коренных хвойных древостоев // *Лесной журнал*, 2012, 6. С. 24–31.
2. *Теринов Н.Н.* Способ трансформации производных мягколиственных насаждений в темнохвойные: патент РФ на изобретение № 2521706. Бюл. 19. М.: ФГУ ФИПС, 2014.
3. *Чертовской В.Г.* О возобновлении леса в связи с рубками на севере // *Рубки и восстановление леса на севере*. Архангельск: Северо-Западное книжное издательство, 1968. С. 10–45.
4. *Чупров Н.П.* О роли подроста ели в формировании елово-березовых насаждений // *Лесное хозяйство*, 1963, 5. С. 7–9.

МИКРОКЛОНАЛЬНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ ХВОЙНЫХ ЧЕРЕЗ СОМАТИЧЕСКИЙ ЭМБРИОГЕНЕЗ *IN VITRO* ДЛЯ ПЛАНТАЦИОННОГО ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ

И.Н. ТРЕТЬЯКОВА, М.Э. ПАК, А.С. ИВАНИЦКАЯ, Н.В. ОРЕШКОВА, А.С. САЙМОВА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (culture@ksc.krasn.ru)

MICROCLONAL PROPAGATION OF CONIFERS BY SOMATIC EMBRYOGENESIS *IN VITRO* FOR PLANTATION FORESTATION

I.N. TRETYAKOVA, M.E. PARK, A.S. IVANITSKAYA, N.V. ORESHKOVA, A.S. SAIMOVA

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (culture@ksc.krasn.ru)

Создание сортового плантационного лесовыращивания на основе соматического эмбриогенеза в культуре *in vitro* является одним из перспективных направлений за рубежом (программа Multi-Varietal Forestry) [2]. В основе методов лежит уникальная способность растительных клеток реализовывать при

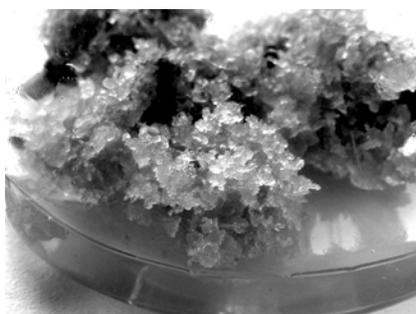


Рис. 1. Проллиферирующая эмбриогенная культура *Larix sibirica*

результате примененной технологии было получено 17 пролиферирующих клеточных линий (Кл) у лиственницы сибирской и 4 Кл у кедрового стланика. Возраст эмбриогенных культур составлял от одного



Рис. 2. Четырехлетние соматические саженцы *Larix sibirica* в теплице Погорельского стационара Института леса

определенных условиях имеющуюся у них генетическую информацию и давать неограниченное количество высокопродуктивных, устойчивых к вредителям клонированных семян. Сочетание соматического эмбриогенеза и геномной технологии может обеспечить более эффективное и альтернативное воспроизводство генетически улучшенных лесов.

Введение в культуру незрелых соматических зародышей и мегагаметофитов *Larix sibirica*, *Pinus pumila*, *Pinus sibirica* на среду АИ [3] и $\frac{1}{2}LV_1$ [1] показало, что при переходе вегетативных клеток на путь соматического эмбриогенеза клетки становятся компетентными – они вытягиваются, поляризуются, делятся и образуют эмбрионально-суспензорную массу (ЭМС), состоящую из глобулярных зародышей и суспензоров (рис. 1). В результате примененной технологии было получено 17 пролиферирующих клеточных линий (Кл) у лиственницы сибирской и 4 Кл у кедрового стланика. Возраст эмбриогенных культур составлял от одного года до семи лет. Число глобулярных соматических зародышей в однолетних культурах у разных Кл колебалось от 2000 до 11 000 на 1 г ЭМС. С возрастом эмбриогенных культур число глобулярных соматических зародышей не уменьшалось (3000–4000 зародышей на 1 г ЭМС). Соматические зародыши образовывали полиэмбриональные комплексы, в которых шла их активная мультипликация через кливаж. Кливажирование не прекращалось в течение семи лет наблюдений. Цитогенетическое исследование ЭСМ лиственницы сибирской показало, что плоидность длительно культивируемых культур не изменялась. Клетки оставались диплоидными. По данным микросателлитного анализа, пролиферирующие клеточные линии лиственницы сибирской характеризовались слабой аллельной изменчивостью.

При добавлении в питательную среду АИ абсцизовой кислоты (АБК) происходил морфогенез и созревание соматических зародышей в течение 45 суток. Число созревших соматических зародышей составило 0,5–39% у разных Кл по сравнению с глобулярными соматическими зародышами. Прорастание соматических зародышей происходило на безгормональной среде АИ в течение 14–21 дней и начиналось с растяжения гипокотилия и удлинения корешка. Регенеранты высаживали в искусственную почву. После акклиматизации регенеранты лиственницы сибирской (Кл 6) были высажены в теплицу, где клонированные сеянцы активно растут в течение четырех лет (рис. 2). Генотипирование их по микросателлитным локусам показало полное соответствие Кл 6.

Клонированные сеянцы генетически стабильны, и их можно рекомендовать как посадочный материал для плантационного выращивание лиственницы в Сибири.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Litvae J.D., Verma D.C., Johnson M.A.* Influence of loblolly pine (*Pinus taeda* L.). Culture medium and its components on growth and somatic embryogenesis of the wild carrot (*Daucus carota* L.) // *Plant Cell Rep.*, 1985, v. 4. P. 325–328.
2. *Park J.-S., Bonga J., McCartney A., Adams G.* Integration of tree biotechnologies into multi-varietal forestry // *Proceedings of the Third International Conference of the IUFRO, unit 2.09.02 «Woody Plant Production Integrating Genetic and Vegetative Propagation Technologies»*, September 18–12, 2014. Vitoria-Gastein, Spain. P. 95–97.
3. *Патентный поиск в РФ: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.freepatent.ru/images/patents/5/2456344/patent-2456344.pdf>.*

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 15-04-01427).

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ЗОНИРОВАНИЮ МАЛОНАРУШЕННЫХ ЛЕСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ В СИБИРСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ

Н.В. ТРОФИМОВА

Всемирный фонд природы, Красноярск (ntrofimova@wwf.ru)

METHODICAL APPROACHES TO THE INTACT FOREST LANDSCAPES OF ZONING IN THE SIBERIAN FEDERAL DISTRICT

N.V. TROFIMOVA

World Wide Fund for Nature, Krasnoyarsk (ntrofimova@wwf.ru)

Методические подходы разработаны для выделения зон строгой охраны малонарушенных лесных территорий (МЛТ) в границах арендной базы FSC (Forest Stewardsip Council) сертифицированных предприятий. Настоящие методические подходы основаны на выделении высоких природоохранных ценностей и их ранжировании с точки зрения сохранения наибольшего количества биоразнообразия на лесном участке. В процессе разработки были учтены интересы всех заинтересованных сторон и разработан подход при использовании которого обеспечивается нормальное функционирование системы лесной сертификации в Сибирском федеральном округе.

Доминирующая долгое время модель пионерного освоения российских лесов уже полностью исчерпала себя. Сейчас многие лесопромышленные компании испытывают серьезный дефицит лесных ресурсов, а расстояние вывозки заготовленной древесины измеряется сотнями километров. Исправить эту ситуацию может только интенсификация лесопользования и воспроизводства лесов во вторичных, уже хозяйственно освоенных лесах. В данном контексте, отказ от освоения МЛТ – это первый шаг к интенсификации [2].

В рамках работы Комиссии технического комитета Ассоциации «Национальная рабочая группа по добровольной лесной сертификации» было предложено пять критериев выделения наиболее ценных частей МЛТ в качестве зон строгой охраны в границах арендной базы держателей сертификатов FSC (таблица 1).

Таблица 1. Критерии выделения наиболее ценных частей МЛТ

Критерии выделения наиболее ценных частей МЛТ	Экологические функции и биотопическая значимость
ВПЦ 2.1 Естественные участки спелых и перестойных хвойных насаждений среди молодняков и средневозрастных древостоев	Сохранение биологического и генетического потенциала лучших экземпляров популяций древесных видов, источник обсеменения соседних территорий. Участки коренной растительности, местообитания редких и уязвимых видов животных, и участки гнездования птиц
ВПЦ 2.2 Редкие типы леса (редкие экосистемы)	Сохраняют биологическое разнообразие лесов
ВПЦ 2.2.1 Участки леса с наличием старовозрастной осины	Являются местообитаниями редких и исчезающих видов растений и животных
ВПЦ 2.2.2 Участки темнохвойных лесов среди светлохвойных и лиственных	Являются местообитаниями редких и исчезающих видов растений и животных
ВПЦ 2.3 Участки леса вокруг болот, постоянных и временных водотоков	Участки леса, состояние которых критически важно для поддержания экологической стабильности окружающих территорий
ВПЦ 2.3.1 Заболоченные и переувлажненные участки лесов (согры), болота с редким лесом и участки леса среди болот	Регулируют водный режим и микроклимат, являются местообитаниями редких и исчезающих видов животных и растений
ВПЦ 2.3.2 Участки леса вокруг постоянных и временных водных объектов	Поддерживают гидрологический режим, предотвращают эрозию, являются миграционными коридорами и местообитаниями редких и исчезающих видов животных и растений
ВПЦ 2.4 Мультипородные участки леса (5 и более пород)	Являются лесными экосистемами, способными к не определено долгому самоподдержанию
ВПЦ 2.5 Участки леса на склонах крутизной более 30°, обрывах, уступах, около разломов, на каменистых россыпях (курумах), в ущельях, ложбинах, оврагах	Защищают от водной и почвенной эрозии, характеризуются повышенным видовым разнообразием и являются местом для устройства убежищ крупных млекопитающих

В методических подходах каждый критерий охарактеризован следующими параметрами: алгоритмом выделения, общей характеристикой, границами выделяемого объекта, типами лесов (группами типов) предпочтительные для включения и при наличии таковых: дополнительными признакам и ценностями при камеральной и полевой верификации.

Методика зонирования МЛТ в границах арендной базы держателей сертификатов FSC основана на ландшафтно-бассейновом подходе. Корректное картографирование, увязывающее систему выделов с естественными природно-территориальными комплексами, дает возможность автоматически определить природоохранную ценность выделов и обосновать некоторые категории особо защитных участков леса (ОЗУ) или участки ВПЦ [3]. А так же позволяет произвести оценку природных комплексов и связанных с ними единиц управления лесами в категориях типичности, репрезентативности, редкости или уникальности для географического региона [1]. Такой подход при планировании лесного хозяйства позволит избежать снижения эффективности или утраты совокупности функций лесных ландшафтов и снизить конфликты разных групп лесопользователей путем рациональной пространственной организации лесопользования на территории, охватывающей десятки или сотни выделов, расположенных в пределах одного речного бассейна[5]. В данной работе элементарной ячейкой является водосборный бассейн 3 порядка. Для ранжирования порядка водотоков использован метод Страклера [6].

Выделение критериев наиболее ценных частей МЛТ производится на основе лесоустроительной информации в соответствии с описанием, представленным в таблице 1. Для технической реализации и картографирования зон строгой охраны использованы методы пространственного анализа ArcGIS. Из атрибутивной базы лесоустроительных данных производится выборка критериев, описанных в пункте 6. Для учета значимости каждого из критериев произведено их ранжирование по категориям ценности. Для ранжирования ценностей использован метод попарного сравнения Саати [4].

Для ранжирования категорий ценности с позиции вклада в сохранение биоразнообразия был использован экспертный метод. В опросе принимали участие 16 экспертов в рамках открытого семинара-тренинга «Реализация требований FSC при сертификации лесопользования и цепочек поставок» (Красноярск, 13 – 17 июня 2016 г.). Оценка ценности производилась на основе метода попарного сравнения, предложенного Т. Саати [4].

На следующем этапе внутри каждого бассейна производится выборка категорий ценности и доля занимаемой площади от площади всего бассейна, согласно формуле:

$$V = \sum A_i * w_i ,$$

где V – суммарная ценность бассейна, A – категории ценности, выделенные в соответствии с критерием выделения наиболее ценных частей МЛТ (i=1,n),

$$A = \frac{S_i}{S} , S_i - \text{площадь территории занятой данным критерием, } S - \text{площадь всего бассейна}$$

w – соответствующий данному критерию выделения наиболее ценных частей МЛТ весовой коэффициент, полученный по результатам экспертной оценки.

После суммирования критериев выделения наиболее ценных частей МЛТ проводится ранжирование бассейнов по наличию ценностей. По результатам анализа, участок (участки), который устанавливается как зона особой охраны МЛТ.

Площадь зоны особой охраны должна включать не менее 50% от площади МЛТ, находящихся в аренде компании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Громцев А.Н. Ландшафтная экология таежных лесов: теоретические и прикладные аспекты. Петрозаводск: Карел. НЦРАН, 2000. 144 с.
2. Карпачевский М., Аксенов Д., Есипова Е., Владимирова Н., Данилова И., Кобяков К., Журавлева И. Малонарушенные лесные территории России: современное состояние и утраты за последние 13 лет // Устойчивое лесопользование (№ 2 (42) 2015 г. С. 5-13
3. Романюк Б.Д., Загидуллина А.Т., Книзе А.А. Природоохранное планирование ведения лесного хозяйства. М.: Всемирный фонд дикой природы, 2002. 12 с.
4. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий Перевод с английского. Р.Г. Вачнадзе. Москва «Радио и связь». 1993. 278 с.
5. Хорошев А.В. Ландшафтно-экологические ценности при планировании лесопользования. Лесоведение. №6. С. 54-62
6. Tarboton D.G., Bras R.L., Rodriguez-Iturbe I. On the Extraction of channel networks from digital elevation data // Hydrological Processes, Vol. 5, 1991: 81-100

Работа выполнена при поддержке проекта «Партнерство WWF- IKEA»

РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ДНК-АНАЛИЗА В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ РОССИИ

Е.С. ТРУНОВ

Российский центр защиты леса, Пушкино, Московская область (trunovjs@rcfh.ru)

RESEARCH RESULTS AND PERSPECTIVES FOR PRACTICAL APPLICATION OF THE DNA-ANALYSIS METHODS IN FORESTRY OF RUSSIA

E.S. TRUNOV

Russian Center of Forest Health, Pushkino, Moscow region (trunovjs@rcfh.ru)

До недавнего времени постановка масштабных задач в сфере лесной генетики не была возможной ввиду отсутствия необходимой материальной базы и апробированных методов работы. Однако опыт работы, накопленный с 2008 г., с начала создания сети ДНК-лабораторий в системе ФБУ «Рослесозащита», позволяет уверенно говорить о возможности решения поставленных задач с применением методов молекулярной генетики. Основные задачи ФБУ «Рослесозащита» в части лесной генетики – мониторинг состояния лесных генетических ресурсов и контроль за оборотом репродуктивного материала при воспроизводстве лесов – решаются с помощью постоянно пополняемой базы данных по генетической паспортизации объектов лесного семеноводства и отдельных естественных насаждений. Массовый сбор образцов основных лесообразующих пород (ель европейская, ель сибирская, сосна обыкновенная, сосна кедровая сибирская, лиственница сибирская, дуб черешчатый) для наполнения базы данных проводится по сети 100 × 100 км на территории РФ в местах интенсивного лесопользования. В настоящее время база данных может дискриминировать образцы ели и сосны из некоторых регионов РФ (например, из Самарской, Саратовской, Белгородской областей). Обработка, анализ и картирование генетических данных проводится на основе использования инструментов ГИС. Наполнение базы данных даст возможность визуализировать результаты ДНК-анализа в виде карт распространения генетических маркеров (гаплогрупп) основных лесообразующих пород на территории Российской Федерации. Конечной целью данной работы является получение карт с высоким разрешением для определения происхождения древесины.

Определение места происхождения растений является первым необходимым условием для осуществления контроля за оборотом репродуктивного материала лесных растений при воспроизводстве лесов. В настоящее время географическое происхождение партий семян, сеянцев, саженцев определяется только на основании сопроводительных документов. При современном состоянии дел в этой области открываются большие возможности для различного рода мошенничества. В результате возможно нарушение правил лесосеменного районирования, что приводит к получению некачественного посадочного материала и, в конечном итоге, к плохому состоянию выращенного леса. Применение ДНК-анализа позволяет определять географическое происхождение растений уже в самом начале технологической цепи лесовосстановления – производстве репродуктивного материала. Генетический контроль за оборотом материала необходимо начинать с того, что весь репродуктивный материал известного происхождения должен полностью контролироваться на всех стадиях, включая заготовку семян, выращивание посадочного материала и конечное использование. Эта работа станет основой для будущего национального учета происхождения и сертификации лесного репродуктивного материала, перемещаемого в РФ. При транспортировке семян и саженцев могут возникать ошибки, связанные с маркировкой материала, и использование генетических маркеров позволяет установить происхождение вне зависимости от того, на каком этапе проводится отбор образцов (на лесопасеках, из партий семян, саженцев, выращенных в питомниках). В настоящее время проводится инвентаризация и генетическая паспортизация плюсовых деревьев, клонов плюсовых деревьев, архивов клонов на лесосеменных плантациях (ЛСП), а также партий семян, поступающих в Федеральный фонд семян, для наполнения базы данных контрольными образцами, уточнения схем смешения и составления рекомендаций по созданию новых устойчивых ЛСП с повышенными продуктивными показателями.

Мониторинг состояния лесных генетических ресурсов должен быть основан исключительно на знаниях структуры популяций лесообразующих видов. Устойчивое развитие популяций в лесных насаждениях возможно только при максимальном сохранении генетического разнообразия и гетерозиготности, иначе будет происходить их вырождение. Выявлено, что гетерозиготность ниже 30% ставит под угрозу выживание насаждения в процессе изменения климатических условий, то есть его приспособляемость. Исходя из этого, мониторинг состояния лесных генетических ресурсов, то есть генетического разнообразия и гетерозиготности лесов, и сохранение этого разнообразия – наиважнейшая задача для лесного хозяйства. Дана оценка гетерозиготности около 20 000 образцов основных лесообразующих пород. Построенные макеты карт распределения генотипов в лесных насаждениях сосны обыкновенной в европейской

части РФ показали высокий уровень гетерозиготности, наблюдаемый от северо-запада до юго-востока, юго-запад же характеризуется низким уровнем гетерозиготности.

На стадии выращивания посадочного материала древесных растений в питомниках актуально проводить фитопатологический мониторинг. Генетический анализ позволяет быстро и достоверно выявить заболевания сеянцев и саженцев на ранних стадиях, когда отсутствуют видимые признаки поражения, что дает возможность своевременно использовать необходимые меры защиты. Установлено, что основными заболеваниями, вызывающими гибель посадочного материала, являются фомозы. Анализ распространения основных заболеваний в питомниках европейской части РФ показал, что наиболее распространенными заболеваниями первого года жизни сеянцев являются кладоспориозы и альтернариозы. Все обследованные площади, подготовленные под посадку, и площади бывших пожарищ имеют высокую степень заражения корневой губкой, что делает их непригодными для проведения лесовосстановительных работ. Лесовосстановление в первый год после пожара нецелесообразно, поскольку ризина волнистая вызывает гибель 50% саженцев. Продолжительность эпидемии в климатических условиях Московской области – не менее трех лет.

Таким образом, практическое применение молекулярно-генетических методов анализа в лесном хозяйстве перспективно для мониторинга состояния лесных генетических ресурсов, осуществления контроля за оборотом репродуктивного материала, управления процессами лесовосстановления, фитопатологического мониторинга питомников и лесных насаждений.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ЛЕСОВ ОТ ПОЖАРОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В.В. УСЕНЯ

Институт леса НАН Беларуси, Республика Беларусь, Гомель (usenyafortinst@gmail.com)

IMPROVEMENT OF FOREST FIRES PREVENTION SYSTEM IN THE REPUBLIC OF BELARUS

V.V. USENYA

Institute of Forestry of the NAS of Belarus, Republic of Belarus, Gomel (usenyafortinst@gmail.com)

В Республике Беларусь лесистость территории составляет 39,5%. Земли лесного фонда занимают площадь 9,5 млн га, в том числе покрытые лесом – 8,2 млн га. В видовом составе лесов преобладают пожароопасные хвойные породы (59,6%), в том числе сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) – 50,3% и ель европейская (*Picea abies* (L.) Karst) – 9,3 %. Леса в силу своего породного, возрастного, структурного состава и сильного антропогенного воздействия являются потенциально пожароопасными, 67,3% их площади отнесены к наиболее высоким (I–III) классам природной пожарной опасности. К настоящему времени вследствие аварии на Чернобыльской АЭС 17,7% территории лесного фонда представлено радиоактивно загрязненными лесными экосистемами, что требует специфики их охраны от пожаров.

В лесном фонде на протяжении 1959–2015 гг. возникло 136 тысяч пожаров на общей площади 206 тыс. га. Средняя площадь одного пожара, которая является показателем оперативности его обнаружения и ликвидации, составила 1,52 га при минимуме 0,16 га и максимуме 6,93 га. В экстремально пожароопасном по условиям погоды 2015 г. произошло 1,2 тыс. лесных пожаров на общей площади 16,9 тысяч га, в том числе в государственном природоохранном научно-исследовательском учреждении «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник» (белорусский сектор зоны эвакуации и отчуждения Чернобыльской АЭС) 15 крупных пожаров на общей площади 10,2 тыс. га. Необходимо отметить, что в 2015 г. особую актуальность приобрели трансграничные пожары с территорией Украины, их площадь составила 3,7 тыс. га (58% от общей площади пожаров в лесном фонде Министерства лесного хозяйства). В 2000–2015 гг. низовые пожары составили 83,9%, верховые – 12,8%, почвенные – 3,3% от общей площади пожаров в лесном фонде. Подавляющее количество лесных пожаров произошло по вине населения, в том числе от сельскохозяйственных палов.

Охрана лесного фонда от пожаров в соответствии с Лесным кодексом Республики Беларусь является обязанностью юридических лиц, ведущих лесное хозяйство. Организацию и ведение работ по охране лесов от пожаров на республиканском и территориальном уровнях осуществляют Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь, его соответствующие структурные подразделения, а также юридические лица, ведущие лесное хозяйство.

В настоящее время определение класса пожарной опасности лесов по условиям погоды осуществляется Республиканским гидрометеорологическим центром на основании данных, получаемых со всех метеостанций страны. Информация за последние сутки и краткосрочный (до 3 дней) прогноз загораемости лесов по областям и районам страны оперативно передается органам лесного хозяйства.

Система мониторинга лесных пожаров основана на осуществлении визуальных наблюдений с летательных аппаратов (авиапатрулирование) и пожарно-наблюдательных вышек и мачт (516 шт.), дистанционного видеонаблюдения (370 камер видеонаблюдения), наземного патрулирования работниками государственной лесной охраны (13,8 тыс. сотрудников) и космического мониторинга, что обеспечивает обнаружение 82,9% пожаров площадью до 0,10 га. Авиапатрулированием охвачена вся территория лесного фонда: при его помощи ежегодно обнаруживается около 40% очагов возгораний. Авиационная охрана лесов выполняется государственным авиационным аварийно-спасательным учреждением «Авиация» Министерства по чрезвычайным ситуациям на всей территории лесного фонда по согласованным с Министерством лесного хозяйства маршрутам. На территории страны создается автоматизированная система слежения и раннего обнаружения лесных пожаров дистанционными методами с использованием средств видеонаблюдения на базе общереспубликанской сети ведомственных пожарно-наблюдательных вышек и мачт, вышек операторов связи и других высотных сооружений, обеспечивающая замкнутость контуров видеонаблюдения в лесном фонде.

Противопожарное обустройство лесного фонда осуществляется на основании лесопожарного районирования территории Беларуси в соответствии с техническим кодексом «Правила противопожарного обустройства лесов Республики Беларусь».

Основными подразделениями лесопожарных служб являются 250 пожарно-химических станций (ПХС) и 650 пунктов противопожарного инвентаря (ППИ), функционирование которых осуществляется в соответствии с Положением о пожарно-химических станциях, изложенном в Правилах пожарной без-

опасности в лесах Республики Беларусь. ПХС и ППИ укомплектованы пожарными машинами (545 единиц), колесными тракторами, мотопомпами различной производительности, лесопожарными модулями, плугами различных модификаций, ранцевыми лесными огнетушителями, пожарными напорными рукавами, воздуходувками, зажигательными аппаратами, грунтометами, бензопилами, резервуарами для воды различной емкости, передвижными емкостями для воды на колесном ходу, огнетушащими составами «Метафосил» и «Комплексил» и другими средствами пожаротушения. Лесопожарные службы имеют современные средства связи и располагают хорошо организованной системой их работы.

Сеть лесных дорог на территории лесного фонда обеспечивает транспортную доступность лесных участков и своевременную оперативную доставку сил и средств пожаротушения к очагам пожаров в установленное нормативное время.

С целью повышения уровня охраны лесов от пожаров в рамках модернизации средств и методов профилактики и ликвидации пожаров осуществляется техническое перевооружение ПХС путем закупки пожарных автоцистерн и мобильных лесопожарных модулей высокой проходимости, мотопомп и рукавов высокого давления, многофункциональных стволов, ранцевых лесных огнетушителей и средств радиосвязи. Требуется совершенствование существующей многоуровневой системы обнаружения лесных пожаров: наземного мониторинга, визуального мониторинга с пожарно-наблюдательных пунктов, дистанционного видеонаблюдения, авиапатрулирования и космического мониторинга.

На радиоактивно загрязненных лесных территориях основное внимание необходимо уделять проведению профилактических мероприятий по созданию высокоэффективной системы противопожарного обустройства лесов, внедрению высокоэффективных технических и химических средств ликвидации лесных пожаров.

На территории Беларуси выбор способов, технических и химических средств для профилактики и ликвидации лесных пожаров зависит, в первую очередь, от природно-климатических, почвенно-гидрологических, лесопирологических, эколого-экономических факторов, а также вида и интенсивности пожара, наличия сил и средств пожаротушения, тактических приемов и технических способов ликвидации пожара. Сравнительный технико-экономический анализ применяемых в лесном фонде лесопожарных технологий, машин и оборудования для профилактики и тушения пожаров показал их различную производительность и стоимость эксплуатации. В то же время необходимо отметить, что лесопожарные службы должны быть оснащены различными техническими средствами для профилактики и тушения пожаров в соответствующих лесорастительных, техногенных, метеорологических и антропогенных условиях.

К настоящему времени более оперативное обнаружение лесных пожаров позволило изменить тактику их тушения. В связи с этим при совершенствовании системы лесопожарных машин, механизмов и оборудования и технологий их применения для профилактики и ликвидации пожаров в различных лесорастительных и техногенных условиях необходимо учитывать тот факт, что на протяжении последнего десятилетия в лесном фонде преобладающее количество пожаров к моменту их обнаружения имело незначительную (до 0,10 га) площадь, что требует, в первую очередь, наличия в лесопожарных службах современных малых мобильных технических средств с целью доставки небольших по численности сил и пожарного оборудования для их ликвидации. Малые мобильные лесопожарные комплексы (на базе автомобиля УАЗ различной модификации и других мобильных транспортных средств) должны быть оснащены мотопомпами, емкостями с водой (раствором огнетушащего химического состава), ранцевыми лесными огнетушителями, специальными нагнетателями воздуха для подачи воды (раствора огнетушащего химического состава) и другим противопожарным оборудованием и инвентарем.

В связи с усиливающейся в лесном фонде на протяжении последних лет антропогенной нагрузкой необходимы рекреационное благоустройство его территории, совершенствование и реализация комплекса агитационно-профилактических и пропагандистских мероприятий в области охраны лесов от пожаров среди юридических лиц и населения при лесопользовании и пользовании участками лесного фонда в культурно-оздоровительных, туристических, иных рекреационных и спортивных целях с применением современных средств коммуникации.

Для успешной охраны лесов от пожаров требуется совершенствование нормативных правовых и технических нормативных правовых актов, технологических процессов в области мониторинга, профилактики и ликвидации пожаров с учетом лесного и природоохранного законодательства.

Внедрение в практику охраны лесов от пожаров современных высокоэффективных методов и средств мониторинга, профилактики и ликвидации пожаров позволит существенно снизить площадь лесных пожаров на территории Беларуси, причиняемый ими материальный и экологический ущерб, сохранить природоохранные и средообразующие функции лесов.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА «КОМПЛЕКСИЛ» ДЛЯ БОРЬБЫ С ЛЕСНЫМИ ПОЖАРАМИ

В.В. УСЕНЯ, Н.В. ГОРДЕЙ

Институт леса НАН Беларуси, Республика Беларусь, Гомель (gordej.n@tut.by)

USING THE NEW CHEMICAL PREPERATION "COMPLEXIL" TO FIGHT FOREST FIRES

V.V. USENYA, N.V. GORDEY

Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus, Republic of Belarus, Gomel

В Республике Беларусь одной из наиболее актуальных проблем лесного хозяйства является охрана лесов от пожаров. Несмотря на противопожарное обустройство лесного фонда, а также использование комплекса современных средств и методов раннего обнаружения и оперативной ликвидации пожаров, они ежегодно, и в особенности в экстремально пожароопасные сезоны, уничтожают или повреждают леса на значительных территориях. На протяжении 2000–2015 гг. в лесном фонде было отмечено свыше 19 тыс. пожаров общей площадью более 50 тыс. га.

В организации охраны лесов от пожаров одним из важнейших звеньев является противопожарное обустройство территории лесного фонда, которое состоит из комплекса организационно-технических и профилактических мероприятий по предупреждению возникновения и распространения пожаров, а также обнаружению очагов возгорания и их оперативному тушению. Актуальным является внедрение в практику пожаротушения перспективных технологий профилактики и тушения лесных и торфяных пожаров на основе применения огнезащитных и огнетушащих химических составов.

В настоящее время в Республике Беларусь применяют огнезащитные составы «Метафосил» и «Комплексил», внедрение которых позволяет снизить затраты на тушение лесных пожаров и в целом уменьшить материальный и экономический ущерб от пожаров в природном комплексе.

В настоящее время в лаборатории огнетушащих материалов НИИ ФХП БГУ совместно с Институтом леса НАНБ разработан новый экономичный синтетический огнезащитно-огнетушащий химический состав (ОТС) «Комплексил» комплексного действия для превентивной огнезащиты и тушения лесных горючих материалов и торфа. ОТС предназначен для прокладки профилактических длительно действующих заградительных огнегасящих полос, заградительных полос непосредственно перед кромкой пожара, опорных полос в лесных массивах для локализации и тушения лесных и торфяных пожаров. ОТС представляет собой водную суспензию аморфных фосфор-, металл(II)- и/или кремнийсодержащих соединений в растворе аммонийных фосфатов.

Для профилактики и тушения лесных пожаров используется 10%-й водный рабочий раствор ОТС, тушения торфяных пожаров – 8%-й водный рабочий раствор ОТС. Получение 8%-го и 10%-го водных рабочих растворов ОТС достигается разбавлением суспензии водой при комнатной температуре. Например, для приготовления 100 кг водного рабочего раствора 8%-й или 10%-й концентрации необходимо соответственно 22 кг и 27 кг состава «Комплексил» (с массовой долей сухого вещества 36,7%), к которому добавляется 78 л и 72 л воды.

ОТС хорошо растворяется в воде, поэтому при приготовлении из него водных рабочих растворов специальных смесительных устройств не требуется. Водную суспензию получают путем ее размешивания до однородного состояния в больших емкостях с использованием мотопомпы, в пожарных автомашинах и автоцистернах (АЦ-30 (66)-184, АЦ-30 (5434), АЦЛ-10 (6611), АРС-14 (131), АЦ-30 (3307), АЦ-30 (66)-146, АЦ-30 (53А)-106Б, АЦ-40 (130), АЦ-40 (375) и др.) с использованием насоса, в малых емкостях вручную (РДВ-12, РДВ-30, РДВ-100 и др.). Приготовленная таким образом водная суспензия (рабочий раствор) пригодна для нанесения на лесной напочвенный покров, при прокладке профилактических огнезащитных полос, а также непосредственном тушении лесных и торфяных пожаров.

Водный рабочий раствор ОТС применяется для профилактики лесных и ликвидации лесных и торфяных пожаров:

- для прокладки длительно действующих (атмосферостойчивых) профилактических заградительных огнегасящих полос;
- для активного тушения кромки пожара при низовом пожаре слабой и средней интенсивности;
- для создания заградительных полос перед кромкой пожара или опорных полос для отжига при низовом пожаре сильной интенсивности;
- для прокладки опорных полос с целью отжига при верховом пожаре;
- для тушения очага пожара при торфяном пожаре.

Заградительные полосы применяют для локализации пожара без предварительной остановки его распространения непосредственным воздействием на кромку пожара, а также после его локализации для

предотвращения возобновления от скрытых очагов горения (окарауливание).

Ширина огнегасящей заградительной полосы, создаваемой раствором ОТС перед кромкой пожара, определяется его интенсивностью и должна быть не менее удвоенной высоты пламени на кромке пожара.

Профилактические длительно действующие огнегасящие заградительные полосы шириной 2–3 м создаются при наступлении пожароопасного сезона вокруг наиболее ценных и пожароопасных участков лесных насаждений, вдоль систем коммуникаций (дорог, ЛЭП, нефте- и газопроводов). Заградительные полосы шириной до 2 м (опорные полосы для отжига) прокладываются бригадой рабочих с помощью лесных огнетушителей различных модификаций (РЛО «Ермак», РЛО-М, РЛО-6, ОР-1, ОРХ-3М, ОЛУ-16 и др.), обеспечивающих необходимую плотность вылива водных рабочих растворов ОТС.

Необходимая плотность вылива водных рабочих растворов ОТС определяется лесорастительными условиями и категорией земель (табл.) и регулируется скоростью движения технических средств, стволом-распылителем или насадками.

Таблица. Плотность вылива водного рабочего раствора ОТС при прокладке огнегасящих заградительных и опорных полос

Серии типов леса, категория земель	Плотность вылива, л/м ² напочвенного покрова
Сосновые молодняки мшистых, брусничных, лишайниковых типов леса с полнотой 0,8–1,0	1,5–2,0
Сосновые молодняки верескового и черничного типов леса с полнотой 0,8–1,0	2,0–2,5
Сосновые молодняки мшистых, лишайниковых, черничных, брусничных и вересковых типов леса с полнотой 0,7 и менее	1,0–1,5
Сосновые насаждения III–IV классов возраста всех типов леса	1,0–1,5
Еловые насаждения	1,5–2,0
Вырубки	1,5–2,0
Сельхозугодья, луга, сенокосы с обильной сухой растительностью	2,0–2,5

Для тушения низовых пожаров сильной интенсивности (высота пламени на кромке более 1,5 м), а также верховых пожаров применяют отжиг от опорных полос, созданных рабочим раствором ОТС. Плотность вылива водных рабочих растворов на опорной полосе приведена в таблице.

При борьбе с верховыми пожарами расстояние от кромки пожара до опорной полосы должно обеспечивать выжигание горючих материалов перед фронтом пожара на ширину не менее 100 м. Прокладка опорной полосы производится бригадой рабочих с использованием различного вида лесных огнетушителей (РЛО «Ермак», РЛО-М, РЛО-6, ОР-1, ОРХ-3М, ОЛУ-16 и др.). После того, как произведен отжиг, приступают к ликвидации на опорной полосе скрытых очагов горения, чтобы огонь не заглубился в подстилку, под корни деревьев, валежник, старые пни и не распространился за пределы опорной полосы. Для этих целей также используют водный рабочий раствор «Комплексил».

При тушении низовых пожаров слабой интенсивности (высота пламени до 0,5 м) струя распыляемого водного раствора ОТС с помощью различного вида лесных огнетушителей направляется в основание пламени таким образом, чтобы огнетушащим веществом был обработан как непосредственно горящий материал, так и не горящий перед кромкой пожара на полосе шириной не менее 15 см. При пожарах средней и сильной интенсивности (высота пламени более 0,5 м) с целью снижения интенсивности горения используют сосредоточенную струю раствора с расстояния 3–5 м от кромки пожара, тем самым создавая необходимые условия для последующей ликвидации на ней огня.

При ликвидации пожара необходимо обеспечивать непрерывное его тушение. Тушение производится звеном из двух рабочих: первый ликвидирует пламенное горение, второй дотушивает оставшиеся на кромке пожара очаги углубившегося огня.

После локализации пожара производится его дотушивание и окарауливание.

Для тушения торфяных пожаров применяется 8%-й водный рабочий раствор ОТС, который на тушение очага торфяного пожара подается от пожарных автоцистерн (или других емкостей) с применением стандартных стволов и распылительных устройств. Необходимая плотность вылива зависит от глубины прогорания торфа: до 15 см – 40 л/м², 15–30 см – 80 л/м² горячей поверхности.

В труднодоступные заболоченные места доставка водных рабочих растворов ОТС и других средств пожаротушения осуществляется при помощи вездеходов УЭСМ «Роса 05», ВПЛ-149, лесопожарной машины ЛПМ-0.1 и других технических средств, обладающих высокой проходимостью.

Следует отметить, что наряду с высокой антипирюющей эффективностью при борьбе с лесными и торфяными пожарами ОТС не оказывает негативного влияния на условия минерального питания и рост лесных фитоценозов.

ФИТОМАССА ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД В КЛИМАТИЧЕСКИХ ГРАДИЕНТАХ ЕВРАЗИИ (К МЕНЕДЖМЕНТУ БИОСФЕРНЫХ ФУНКЦИЙ ЛЕСОВ)

В.А. УСОЛЬЦЕВ^{1,2}

¹Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург (Usoltsev50@mail.ru)

²Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург

BIOMASS OF FOREST-FORMING SPECIES IN EURASIAN CLIMATIC GRADIENTS (AS RELATED TO THE MANAGEMENT OF BIOSPHERIC FUNCTIONS OF FORESTS)

V.A. USOLTSEV^{1,2}

¹Botanical Garden of UrB RAS, Yekaterinburg (Usoltsev50@mail.ru)

²Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg

На климатическом саммите ООН в Париже в декабре 2015 г. 196 стран приняли на себя обязательства сократить выбросы CO₂ и не допустить повышения среднегодовой температуры более чем на два градуса к концу века. Лесным экосистемам как поглотителям основного парникового газа, CO₂, отводится в названной перспективе важная роль поддержания глобального углеродного баланса и стабилизации климата планеты [11, 15]. Известно, что размеры продуцирования органического вещества находятся в зависимости от гидротермических условий климата отдельных регионов [10], и для Евразии составлены карты-схемы продуктивности «обезличенного» растительного покрова на основе различных климатических индексов, гидротермических показателей и типов растительности [2, 3, 6, 14].

В нашем исследовании поставлена задача установления географических закономерностей в изменении фитомассы не обезличенного лесного покрова Евразии, а покрова с учетом его породного состава. При этом необходимо определиться с некоторыми ограничениями и начальными условиями:

– исследуемая территория должна быть представлена, как минимум, на уровне континента, поскольку на региональных уровнях продуктивность лесных экосистем определяется совокупностью многих экзо- и эндогенных факторов, привести которые в систему практически невозможно;

– на всю исследуемую территорию должны иметься в наличии карты-схемы распределения основных климатических показателей, определяющих продуктивность лесного покрова;

– необходимо наличие репрезентативной базы данных о показателях фитомассы насаждений, полученных на пробных площадях, и мы имеем в распоряжении наиболее полную на сегодня базу данных в количестве более 8 тыс. определений [16]; методическими указаниями к Международной биологической программе [8] рекомендовалось закладывать пробные площади в типичных «фоновых» местообитаниях, репрезентативных по отношению к данному типу растительных сообществ. Если считать наши пробные площади репрезентативными, то на их основе можно сделать предварительный анализ трансконтинентальных изменений фитомассы лесобразующих пород в градиентах климатических показателей;

– невозможно произрастание одного и того же вида на всей территории Евразии, и ареалы замещающих, или викарирующих, видов [9] в пределах рода приурочены к определенным экорегионам. Поэтому исследование фитомассы выполнено на уровне родов; в нашем случае это роды, характеризующиеся широкими адаптационными возможностями и произрастающие как в благоприятных, так и в жестких климатических условиях: *Pinus* L. (*Diploxylon* и *Haploxylon* раздельно), *Picea* Dietr., *Abies* Mill., *Larix* Mill., *Betula* L., *Populus* L., *Quercus* L. В boreальных лесах *Picea* и *Abies* обычно произрастают совместно, и эти два рода при анализе объединены.

Основными климатическими факторами, определяющими структуру и продуктивность лесного покрова, являются количество приходящей фотосинтетически активной радиации (ФАР) и влагообеспеченность местообитаний. Первый из них определяет природную зональность лесного покрова, а второй в значительной степени связан с континентальностью климата, то есть с удаленностью от атлантического и тихоокеанского побережий [4, 5, 7]. Исходя из наличия соответствующих карт-схем, которые охватывали бы всю территорию Евразии, местоположение пробных площадей в базе данных позиционировано на двух из них, а именно, на карте природной зональности, определяемой уровнем ФАР [1, 2], и на карте изоконт по С.П. Хромову [12].

Исследование трансконтинентальных трендов фитомассы насаждений выполнено на уровне многофакторного регрессионного анализа, и в качестве предикторов (независимых переменных) в уравнения включены принадлежность пробной площади к тому или иному зональному поясу и характеристика ее местоположения величиной индекса континентальности. Поскольку фактические данные о фитомассе представлены насаждениями в широком диапазоне возраста и морфологических характеристик, для обеспечения сопоставимости величин фитомассы разработана система рекурсивных уравнений [13], в первом звене которой рассчитываются зависимости морфологических показателей от возраста древостоев, дифференцированные по зональным поясам и индексам континентальности, а во втором выполняется

«привязка» к ним показателей фитомассы. Из полученных возрастных трендов фитомассы, распределенных по зональным поясам и индексам континентальности, взяты значения фитомассы в возрасте 50 лет для мелколиственных и 100 лет для остальных пород и построены графики, характеризующие трансконтинентальные изменения общей (надземной и подземной) фитомассы как по зональному градиенту, так и по градиенту континентальности климата.

Установлено, что по зональному градиенту в направлении от северной к южной оконечности материка фитомасса всех хвойных монотонно возрастает с выходом на плато или незначительным снижением, а в пределах одного зонального пояса монотонно снижается в направлении от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности в Якутии, причем как у хвойных, так и у лиственных.

Характер изменения фитомассы лиственных по зональному градиенту иной, нежели у хвойных: максимум имеется в северном умеренном зональном поясе с постепенным снижением фитомассы в направлении к субэкваториальному; минимальные значения фитомассы – в субарктическом поясе у рода *Betula*, для рода *Populus* фактические данные фитомассы здесь отсутствуют, как и для *Quercus*, но по другой причине – его ареал за пределы 60-й параллели не выходит.

Фитомасса нижнего яруса имеет минимальные значения у *Pinus* в северном умеренном и у *Quercus* – в южном умеренном поясе, увеличиваясь в северном и южном направлениях, а у остальных пород монотонно возрастает в направлении с севера на юг. В пределах одного зонального пояса по мере приближения к полюсу континентальности фитомасса нижнего яруса у *Pinus*, *Betula* и *Quercus* монотонно понижается, а у остальных пород – увеличивается. Иногда увеличение фитомассы нижнего яруса сопряжено со снижением фитомассы древостоя и наоборот.

Отношение подземной фитомассы к надземной по зональному градиенту у *Pinus* находится в максимуме в умеренном поясе, понижаясь в северном и южном направлениях, у всех лиственных в направлении с севера на юг монотонно повышается, а у остальных пород – снижается. В изменении соотношения фракций в надземной фитомассе общих закономерностей обнаружить не удалось.

Результаты получены впервые. Они могут быть полезны в менеджменте биосферных функций лесов, дают предварительное представление о возможных смещениях показателей биологической продуктивности лесов в связи со сдвигами широтной и меридиональной зональности под влиянием изменения климата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алисов Б.П., Полтараус Б.В. Климатология. М.: МГУ, 1974. 300 с.
2. Базилевич Н.И., Родин Л.Е. Картограммы продуктивности и биологического круговорота главнейших типов растительности суши // Изв. ВГО, 1967, 99 (3). С. 190–194.
3. Будыко М.И., Ефимова Н.А. Использование солнечной энергии природным растительным покровом на территории СССР // Ботан. журнал, 1968, 53 (10). С. 1384–1389.
4. Комаров В.Л. Меридиональная зональность организмов // Дневник I всероссийского съезда русских ботаников в Петрограде, вып. 3. Петроград, 1921. С. 27–28.
5. Лавренко Е.М., Андреев В.Н., Леонтьев В.Л. Профиль продуктивности надземной части природного растительного покрова СССР от тундр к пустыням // Ботан. журн., 1955, 40 (3). С. 415–419.
6. Лит Х. Моделирование первичной продуктивности земного шара // Экология, 1974, 2. С. 13–23.
7. Назимова Д.И. Климатическая ординация лесных экосистем как основа их классификации // Лесоведение, 1995, 4. С. 63–73.
8. Программа-минимум по определению первичной биологической продуктивности наземных растительных сообществ (проект) // Растительные ресурсы, 1967, 3 (4). С. 612–620.
9. Толмачев А.И. Основы учения об ареалах: введение в хорологию растений. Л.: Изд-во ЛГУ, 1962. 100 с.
10. Уткин А.И. Биологическая продуктивность лесов: методы изучения и результаты // Лесоведение и лесоводство: итоги науки и техники, т. 1. М.: ВИНТИ, 1975. С. 9–189.
11. Уткин А.И., Замолодчиков Д.Г., Милова О.В. О вкладе лесов России в глобальный углеродный цикл // Структурно-функциональная организация и динамика лесов: матер. Всерос. конф. Красноярск: Ин-т леса им. В.Н. Сукачева, 2004. С. 212–215.
12. Хромов С.П. К вопросу о континентальности климата // Изв. ВГО, 1957, 89 (3). С. 221–225.
13. Clutter J.L. Compatible growth and yield models for loblolly pine // Forest Science, 1963, 9 (3). Pp. 354–371.
14. Paterson S.S. The forest area of the world and its potential productivity. Göteborg: The Royal Univ. Sweden, 1956. 216 p.
15. Schulze E.-D. The carbon and nitrogen cycle of forest ecosystems // Carbon and nutrient cycling in European forest ecosystems. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2000. Pp. 3–13.
16. Usoltsev V.A. Forest biomass and primary production database for Eurasia. CD-version. The 2nd ed. Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University, 2013: [Электронный ресурс]. URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3059>.

ОЦЕНКА МАЛОНАРУШЕННЫХ ЛЕСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

С.К. ФАРБЕР, Н.С. КУЗЬМИК

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (sfarber@ksc.krasn.ru)

EVALUATION OF INTACT FOREST LANDSCAPES USING SATELLITE IMAGERY

S.K. FARBER, N.S. KUZMIK

V.N. Sukachev Institute of Forest, SB RAS, Krasnoyarsk (sfarber@ksc.krasn.ru)

Принцип неистощительного лесопользования, который в отечественном лесоводстве принят как основополагающий, – не просто декларация, а экологический императив, и его следует принимать как приоритетный закон при изъятии любого лесного ресурса, и особенно древесного. Защитные леса, выделение которых предусмотрено Лесным кодексом РФ, позволяют сохранить на их территории природные экосистемы. Предполагается, что в эксплуатационных лесах сохранение лесных сообществ будет достигаться за счет выделения в их составе особо защитных участков (ОЗУ), а также недопущения превышения нормативов объема заготавливаемой древесины и использования определенной технологии разработки лесосек, которая при этом должна в обязательном порядке способствовать дальнейшему лесовосстановлению. Далее, следуя логике развития лесопромышленной отрасли в РФ, нормативно-законодательная база постепенно менялась бы в сторону смягчения нагрузки на лесные экосистемы. В частности, находились бы аргументы для уменьшения расчетной лесосеки, появлялись бы дополнительные площади в защитных лесах и ОЗУ в эксплуатационных. Однако такого рода прямолинейная тенденция была нарушена привнесением из-за рубежа иной классификации лесов, в которой выделяются в отдельную группу леса высокой природоохранной ценности (ЛВПЦ). Термин «ЛВПЦ» объединяет разные леса, общими для которых является очень высокая природоохранная либо социальная ценность, превышающая стоимость запасенной в них древесины. Выделению подлежат 6 типов ЛВПЦ [2]. Причина новшеств – стремление лесопромышленных предприятий присутствовать на зарубежном рынке лесной продукции. Отсюда появляется необходимость иметь добровольный сертификат на лесную продукцию. Сертификат выдается международным Лесным попечительским советом, и для его получения требуется принять сложившиеся за рубежом представления и терминологию, определяющие нормы ведения лесного хозяйства и лесопромышленной деятельности.

В Российском национальном стандарте сертификации по схеме Лесного попечительского совета (FSC) каждому типу ЛВПЦ дана национальная интерпретация. В частности, к ЛВПЦ 2 мирового уровня отнесены малонарушенные лесные территории (МЛТ) – крупные лесные ландшафты площадью не менее 50 тыс. га. Неистощительное лесопользование можно рассматривать как баланс между экологическими, экономическими и социальными интересами общества. Наличие на территории административных районов больших площадей МЛТ входит в противоречие с их социально-экономическими интересами. Искусственно создается проблема дефицита ресурса лесов, где разрешается промышленная заготовка древесины. Проблема подлежит решению. Необходима как минимум ревизия целесообразности выделения МЛТ.

Изменения выявляются посредством аналитического дешифрирования разновременных снимков. Первый снимок отражает ситуацию на год проведения последнего лесоустройства, второй снимок – современное состояние лесов. Для удобства сопоставления посредством совмещения определенных каналов нового и старого снимков создается композитное изображение разновременных снимков [7]. В этом случае при дешифрировании достигается большая наглядность интерпретации, повышается достоверность результатов, а недостатки (субъективизм) визуального дешифрирования в определенной степени компенсируются. Изменения, возникшие в промежуток времени между съемками, на композите разновременных снимков окрашиваются одним цветом, что значительно облегчает контурное дешифрирование.

Без хозяйственного вмешательства растительный покров меняется дискретно как результат внешних воздействий – пожаров и вредителей – и непрерывно по стадиям и фазам сукцессии. Пожар может уничтожить лесную экосистему вне зависимости от возраста древостоя. Лесные пожары – наиболее существенный экологический фактор, определяющий географию распределения насаждений, их породный состав, структуру и возрастное строение.

Местоположение возможных изменений определяется по тематическим картам, на которых отражена информация о лесных пожарах, очагах массового размножения вредителей леса (главным образом сибирского шелкопряда), и на основе сведений о хозяйственной деятельности, связанной с промышленным освоением территории и природопользованием. Изменения оцениваются по изображению на сним-

ках. Оценка степени поражения и перераспределения площадей между лесными формациями и категориями земель производится с учетом давности поражения, лесорастительных условий и закономерностей лесообразовательного процесса.

В результате визуального контурного и аналитического дешифрирования выявлено, что количество нарушений растительного покрова и их площади увеличиваются с тенденцией возрастания. Сделан вывод: с учетом прямого и косвенного влияния человека при строительстве дорог, профилей, других линейных объектов и промышленных площадок, антропогенных пожаров и гарей отнесение полигонов МЛТ к малонарушенным является ошибочным [5].

Сам по себе вид внешнего воздействия, будь то лесной пожар или рубка древостоя, не влияет на течение следующих далее процессов. Реакция лесной экосистемы зависит от силы внешнего воздействия, но не от его вида. Одной степени поражения лесной экосистемы и от пожаров, и от рубок соответствуют аналогичные последующие процессы. Если внешнее воздействие не превышает предела устойчивости, то далее идет восстановление нарушенных системных связей. В противном случае начинается сукцессионный цикл качественно иной экосистемы. Другими словами, рубки как вид внешнего воздействия на лесные экосистемы являются экологическим аналогом лесных пожаров. Древесина или уничтожается огнем, или изымается в процессе рубок – экологические последствия аналогичны [6].

Заключение. Разновременные космические снимки признаются эффективным источником информации. С помощью визуального или автоматического дешифрирования на их основе получают сведения о текущих изменениях показателей объекта слежения. Перечень объектов слежения обширен, и известны примеры успешного использования разновременных снимков. Обычно в целях решения задач мониторинга выявляется временная динамика определенных показателей. Так, например, показана возможность ведения автоматического мониторинга легальных, а равно и незаконных заготовок древесины [4], слежения за состоянием мест складирования отходов [1], оценки площадей лесных пожаров и их последствий [3]. Получаемая с помощью разновременных снимков информация может быть использована не только при определении необходимых для ведения мониторинга показателей. Не менее успешно решаются задачи, связанные с хозяйственным освоением территорий таежной зоны. В настоящей работе демонстрируется возможность использования информации, получаемой с помощью разновременных космических снимков, для ревизии целесообразности выделения МЛТ.

Преимущество использования космических снимков, в том числе разновременных, заключается не только в достоверности получаемой информации: не менее важна ее экономическая составляющая. Действительно, в нашем случае оценка нарушенности МЛТ была проведена без дорогостоящих натуральных инвентаризационных работ, что для лесозаготовительного предприятия означает существенную экономию денежных средств. Текущие задачи ведения лесного хозяйства и лесопользования разнообразны, и многие из них гораздо более эффективно могут решаться с применением ДДЗ и современных методов обработки информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абросимов А.В., Никольский Д.Б., Шешукова Л.В.* Использование космических снимков и геоинформационных технологий для мониторинга мест складирования отходов // *Геоматика*, 2013, № 1. С. 68–72.
2. *Дженнингс С., Нуссбаум Р., Джадд Н., Эванс Т.* Леса высокой природоохранной ценности: практическое руководство / пер. с англ. М., 2005. 184 с.
3. *Копылов В.Н., Полищук Ю.М., Хамедов В.А.* Геоинформационная технология оценки последствий лесных пожаров с использованием данных дистанционного зондирования // *Геоинформатика*, 2006, № 1. С. 56–61.
4. *Никитина Ю.В., Никитин В.Н.* Разработка методики автоматизированного дешифрирования незаконных рубок леса по разновременным космическим снимкам // *Гео-Сибирь*, 2010, т. 3, ч. 2. С. 175–180.
5. *Соколов В.А., Фарбер С.К., Кузьмик Н.С., Соколова Н.В., Хиневич Д.С.* О проблеме малонарушенных лесных территорий // *Природные ресурсы Красноярского края*, 2015, № 26. С. 50–53.
6. *Фарбер С.К.* Формирование древостоев Восточной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000 432 с.
7. *Создание композитных изображений: [Электронный ресурс]. URL: <http://sovzond.ru/services/photogrammetry/the-generation-of-composite-images/>.*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСНЫХ ПЛАНТАЦИЙ БЫСТРОРАСТУЩИХ ФОРМ ДЕРЕВЬЕВ (НА ПРИМЕРЕ ОСИНЫ (*POPULUS TREMULA L.*))

Г.Г. ФРОЛОВА, И.В. ПРИПУТИНА

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пушкино, Московская обл.
(gulfina.frolova@gmail.com, irina.priputina@gmail.com)

FAST-GROWING OF FOREST PLANTATIONS PRODUCTIVITY MODELING (ON THE EXAMPLE OF ASPEN (*POPULUS TREMULA L.*))

G.G. FROLOVA, I.V. PRIPUTINA

Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science, Russian Academy of Sciences, Pushchino, Moscow oblast (gulfina.frolova@gmail.com, irina.priputina@gmail.com)

Ведение лесного хозяйства по интенсивной модели предполагает необходимость долгосрочного планирования лесохозяйственных мероприятий с целью их экономического обоснования и прогноза общей эффективности цикла ведения лесного хозяйства [4]. Одновременно должны обеспечиваться условия неистощительности лесопользования, сохранения биоразнообразия лесов, их экологических и социальных функций. Для этого Концепцией интенсивного использования и воспроизводства лесов [4] предлагается вводить систему нормативов по лесовосстановлению и лесоразведению, уходу, рубкам, что в свою очередь требует всестороннего анализа их эффективности в разных природно-климатических условиях.

Для решения задач долгосрочного планирования плантационного лесопользования в последнее время активно используются методы имитационного математического моделирования [6]. Примером индивидуально ориентированной модели роста леса и динамики органического вещества и азота в системе «древостой – почва» является система моделей EFIMOD, которая была разработана в лаборатории моделирования экосистем ИФХиБПП РАН [3, 5]. Биогенный круговорот моделируется в EFIMOD на основе моделирования роста отдельных деревьев в насаждении в зависимости от их освещенности и наличия доступного азота в почве. Верификация EFIMOD выполнялась в разные годы на примере основных лесобразующих пород европейской территории России, а также для хвойных лесов Европы и Канады в широком диапазоне почвенно-климатических условий [7].

В данной работе система моделей EFIMOD (версия EFIMOD-fbp-REG_ME) использована в качестве инструмента модельного прогноза продуктивности плантаций осины (*Populus tremula L.*), создаваемых для нужд биоэнергетики или ЦБК. Проанализированы данные по продукции биомассы для осиновых плантаций с различной плотностью посадки деревьев в 30-летнем обороте рубки. Рассмотрено 45 вариантов схем посадок с шириной междурядий и расстоянием между деревьями в ряду от 0,5 до 6 м (плотность древостоя изменялась от 278 до 40 000 шт. га⁻¹). Рост лесных плантаций имитировался на примере постагrogenных светло-серых и серых лесных почв Республики Марий-Эл. Моделировался лесохозяйственный сценарий без промежуточных рубок ухода и использования азотных минеральных удобрений.

В модельном эксперименте с имитацией условий серой лесной почвы величина суммарной продукции биомассы древостоя на момент рубки в зависимости от схем посадки изменялась в широком диапазоне величин 80–257 т га⁻¹ (табл.). Максимальные значения соответствуют показателям высокопродуктивных 30-летних осинников бонитетов Ic и Ib, минимальные – осинникам III класса бонитета того же возраста.

Таблица. Продукция биомассы (кг м⁻²) 30-летних осиновых древостоев при разных схемах посадки деревьев (приведены данные для серой лесной почвы)

В ряду	Расстояние, м	Между рядами									
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6		
	0,5	19,0	15,0	16,6	18,1	18,3	16,3	16,4	15,4	13,3	
	1		10,3	10,4	11,0	17,1	16,5	23,1	21,8	21,4	
	1,5			8,1	10,6	11,6	8,0	24,4	24,5	23,8	
	2				8,0	11,5	15,6	25,7	25,5	25,0	
	2,5					10,2	14,2	25,7	24,6	25,1	
	3						12,4	24,4	25,1	25,4	
	4							24,6	25,2	24,1	
	5								23,9	20,5	
	6									19,8	

Повышенные показатели биомассы получены для посадок с широкими междурядьями 4–6 м при расстоянии между деревьями в ряду 1–4 м (рис.). Изменение ширины междурядий с 4 до 6 м не вызывает изменения продуктивности моделируемых древостоев. В максимально разреженных посадках (5×5, 5×6, 6×6 м) продуктивность снижается, что объясняется меньшим количеством деревьев на участке. В наиболее плотной схеме посадки (0,5×0,5 м) продукция биомассы достигает 19 кг м⁻², что объясняется начальной максимальной густотой древостоя. Для других вариантов равномерного размещения деревьев (1×1, 1,5×1,5, 2×2, 2,5×2,5, 3×3) в модельном эксперименте получены низкие значения продукции биомассы. Ранее В.В. Галицким и А.С. Комаровым [1, 2] был показан подобный эффект «коллективного самоугнетения» древостоев при моделировании динамики древостоев с регулярным размещением.



Рис. Динамика продукции биомассы древостоев в посадках с широкими междурядьями (данные для серой лесной почвы)

В сценарии светло-серых лесных почв накопленная древостоем величина биомассы в среднем в 1,5 раза ниже: 50–152 т га⁻¹, что соответствует осинникам I–III классов бонитета. Полученные различия в продукции биомассы на разных вариантах почв отражают влияние фактора почвенного плодородия на продуктивность древостоев. Как и в сценарии серых лесных почв, наибольшие показатели биомассы (130–150 кг га⁻¹) получены для схем посадок с междурядьями 4–6 м и расстояниями в ряду 1–4 м, а минимальные – при равномерном размещении деревьев на расстоянии от 1 до 3 м в рядах и междурядьях.

Для рассмотренных нами вариантов схем посадки не прослеживается единого тренда зависимости продуктивности древостоев от расстояния между деревьями в ряду или между рядами. Схемы посадки, соответствующие плотности древостоев 2–3 тыс. шт. га⁻¹ (рекомендуемой лесохозяйственными нормативами), в наших оценках имели относительно невысокие показатели продуктивности в отличие от более разреженных посадок, что биологически обоснованно, поскольку осина относится к породам, требовательным к обеспеченности светом и почвенному плодородию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галицкий В.В. О коллективном самоугнетении в однородном растительном сообществе и колебательных изменениях биомассы его членов // Доклады АН СССР, 1979, т. 246, № 4. С. 1013–1015.
2. Галицкий В.В., Комаров А.С. Дискретные модели популяции деревьев // Моделирование почвенных процессов и автоматизация их исследований. М.: Наука, 1976. С. 91–106.
3. Комаров А.С., Чертов О.Г., Быховец С.С., Припутина И.В., Шанин В.Н., Видягина Е.О., Лебедев В.Г., Шестибратов К.А. Воздействие осинового рубки с коротким оборотом рубки на биологический круговорот углерода и азота в лесах бореальной зоны: модельный эксперимент // Математическая биология и биоинформатика, 2015, т. 10, № 2. С. 398–415.
4. Концепция интенсивного использования и воспроизводства лесов. СПб.: ФБУ «СПбНИИЛХ», 2015. 16 с.
5. Komarov A.S., Chertov O.G., Zudin S.L., Nadporozhskaya M.A., Mikhailov A.V., Bykhovets S.S., Zudina E.V., Zoubkova E.V. EFIMOD 2 – a model of growth and cycling of elements in boreal forest ecosystems // Ecological Modelling, 2003, v. 70. Pp. 373–392.
6. Mäkelä A., Landsberg J., Ek A.R., et al. Process-based models for forest ecosystem management: current state-of-art and challenges for practical implementation // Tree Physiol., 2000, vol. 20. Pp. 289–298.
7. Shanin V.N., Komarov A.S., Bykhovets S.S. Simulation modelling for sustainable forest management: a case-study // Proceedings Environmental Sciences. 2012, vol. 13. Pp. 535–549.

ОПТИМИЗАЦИЯ ОХРАНЫ ЛЕСОВ ОТ ПОЖАРОВ В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

В.В. ФУРЯЕВ, П.А. ЦВЕТКОВ, И.В. ФУРЯЕВ, Л.П. ЗЛОБИНА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (furya_i@mail.ru)

OPTIMIZATION OF FORESTS PROTECTION FROM FIRES IN THE KRASNOYARSK REGION BY FIRE PREVENTION METHODS. IMPROVING

V.V. FURYAEV, P.A. TSVETKOV, I.V. FURYAEV, L.P. ZLOBINA

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (furya_i@mail.ru)

В соответствии с приказом МПР № 68 от 28 марта 2007 г. территория Красноярского края отнесена к семи лесным районам: Среднесибирский притундровый; Среднесибирский плоскогорнотаежный; Западно-Сибирский равниннотаежный; Приангарский; Среднесибирский подтаежнолесостепной; Алтае-Саянский горнотаежный; Алтае-Саянский горнолесостепной. Анализ ситуации показал, что системы прогнозирования пожарной опасности, контроля за возникновением пожаров, профилактических мероприятий, локализация пожаров имеют свои особенности в каждом из районов. Это касается также возможности выбора участков для повышения пожароустойчивости лесов, проведения контролируемых выжиганий, оценки последствий пожаров, уровня горимости и существующих систем охраны лесов.

Оптимизация охраны лесов от пожаров должна быть основана на мероприятиях, сочетающих профилактику с оперативным обнаружением пожаров, в зависимости от степени освоенности лесных районов и интенсивности лесного хозяйства. При этом в профилактику следует включать, наряду с лесопожарной пропагандой, создание лесных массивов пожароустойчивой структуры, в том числе регулированием горючих материалов путем контролируемого выжигания наиболее пожароопасных участков. При определенных погодных и лесорастительных условиях в малонаселенных районах возможно использование стихийно возникающих пожаров от молний, распространение которых контролируется в некоторых границах. Кроме того, для каждого района должна быть определена конкретная средняя за сезон площадь пожаров, включая объемы профилактических выжиганий. Для этого необходимо выбрать оптимальную в данных условиях пожарно-стратегическую концепцию, базирующуюся на мониторинге лесных пожаров и их последствий, как ГИС основы управления пирогенным фактором. В зависимости от роли пожаров в формировании лесов и освоенности района это может быть противопожарное устройство территории лесного фонда, либо оперативное обнаружение и ликвидация пожаров в определенной очередности, либо гибкое сочетание всех видов профилактики, включая выжигание различных категорий лесных площадей, с оперативностью в обнаружении и ликвидации пожаров.

Улучшение охраны лесов от пожаров путем выбора систем оперативного обнаружения и ликвидации их в лесных районах края должно базироваться на следующих критериях: климатическая и лесорастительная зона; преобладающая лесная формация; средний класс природной пожарной опасности; степень освоенности лесного фонда и ее перспективы; интенсивность ведения лесного хозяйства; фактическая горимость лесов с учетом антропогенной нагрузки; экономический ущерб от пожаров, включая лесоводственную и экологическую составляющие, а также вероятные затраты на их тушение.

Наши рекомендации по оптимизации охраны лесов применительно к лесным районам края основаны преимущественно на учете лесоводственных, экологических и экономических последствий пожаров и частично экономического ущерба от них, включая негативную или положительную их роль на различных стадиях лесообразовательного процесса. При этом последствия пожаров анализируются по формациям и типам леса, преобладающих в районах. Они не затрагивают традиционных систем оценки природной пожарной опасности, обнаружения пожаров и других технических и организационных вопросов. Основное внимание уделено возможности или нецелесообразности применения контролируемых выжиганий, использованию стихийно возникающих, но берущихся под контроль пожаров и системе лесохозяйственных и противопожарных профилактических мероприятий, направленных на повышение пожароустойчивости особо ценных лесных массивов.

Территория *Среднесибирского притундрового района* расположена в подзоне северной тайги и северных редколесий. Для нее характерны повсеместное распространение многолетней мерзлоты и доминирование редкостойных лиственничников. Особенностью является летний максимум горимости лесов. Преобладают интенсивные низовые пожары. С позиций последствий пожаров охрана лесов на всей территории района на постоянной основе экономически нецелесообразна. Охранять следует лишь лесные массивы, примыкающие к населенным пунктам и берегам крупных рек, путем водного патрулирования. Применение контролируемых выжиганий под пологими насаждениями для снижения их пожарной опасности в настоящее время нерационально. При определенных лесорастительных и погодных условиях

возможно использование стихийных пожаров, воздействие которых на экосистемы будет поддерживать мозаичность растительного покрова и интенсифицировать длительновременной лесообразовательный процесс.

Среднесибирский плоскогорный таежный район расположен в подзоне средней тайги и представлен елово-сосновыми и сосново-лиственничными лесами. По приречным увалам и гривам распространены лишайниково-кустарничковые сосновые боры, занимающие до 39% площади лесного фонда. Эта часть района отличается высокой пожароопасностью. Охрана лесов здесь должна иметь выборочный характер и охватывать, прежде всего, массивы сосновых лесов, освоение которых предусмотрено в ближайшие 15–20 лет, а также примыкающие к местам нефтегазовых месторождений. Применение контролируемых выжиганий по экономическим и организационным соображениям в настоящее время здесь нецелесообразно. Основной целью использования стихийных контролируемых пожаров в этом районе должно быть создание с их помощью мозаичного лесного покрова, тепловая мелиорация и повышение продуктивности лесов будущего.

Западно-Сибирский равниннотаежный район расположен в южной и средней тайге с характерными двумя максимумами пожаров – весенне-летним и летне-осенним. На его территории более 10 млн га представлены темнохвойной тайгой, в которой лесоводственные, экологические и экономические последствия пожаров имеют отрицательный характер. Особое внимание следует уделять соснякам. Охрана лесов от пожаров должна быть повсеместной, но ее уровень и интенсивность – различными в зависимости от удаленности лесов от путей транспорта и мест лесозаготовок. Вместе с тем в подзоне южной тайги в сосняках и лиственничниках зеленомошной и разнотравной групп типов леса с целью снижения пожарной опасности насаждений возможно и целесообразно проводить контролируемые выжигания.

Приангарский район занимает южную часть Среднесибирского плоскогорья. Здесь господствуют лиственнично-сосновые леса, а на водоразделах – кедрово-пихтовая тайга или березняки (на горях). В настоящее время это наиболее быстро осваиваемый и перспективный лесопромышленный район. Леса района подлежат тщательной охране на всей территории, включая резервные леса, промышленное освоение которых ожидается в недалекой перспективе. С этих же позиций использование стихийных контролируемых пожаров нецелесообразно, а применение контролируемых выжиганий с целью снижения пожарной опасности на отдельных особо ценных участках лесного фонда вполне допустимо.

В *Среднесибирском подтаежнолесостепном районе* охрана лесов от пожаров должна осуществляться на всей территории и на высоком уровне. Применение контролируемых выжиганий напочвенных горючих материалов целесообразно осуществлять под пологом сосновых и березово-сосновых насаждений. Контролируемые выжигания умеренной интенсивности в этих условиях могут обеспечить значительное повышение устойчивости древостоев к повторным пожарам при минимальных отрицательных последствиях.

В *Алтае-Саянском горнотаежном районе*, занимающем южнотаежную часть Красноярского края, широко распространены горные лиственнично-кедровые и кедрово-пихтовые леса. Охрана их от пожаров необходима на всей территории, но с некоторой дифференциацией ее уровней в предгорной и низкогорной частях. Аналогично подтаежно-лесостепному району здесь допустимо и целесообразно применение контролируемых выжиганий в средневозрастных, приспевающих и спелых сосняках и лиственничниках при частой повторяемости в них пожаров.

В *Алтае-Саянском горнолесостепном районе* лесной фонд на всей территории должен охраняться на максимально высоком уровне. Это обусловлено преобладанием в его составе сосняков и лиственничников. Большие площади занимают молодняки, что обуславливает необходимость повышения их пожароустойчивости и усиления охраны от пожаров. Площади участков лесных культур с учетом минимальных, средних и максимальных их размеров вполне пригодны для первоочередного противопожарного устройства и проведения лесоводственных мероприятий по повышению пожароустойчивости. В районе допустимо и целесообразно применение контролируемых выжиганий с целью снижения пожарной опасности наиболее ценных сосновых массивов. Использование стихийных неконтролируемых пожаров представляется нецелесообразным.

Таким образом, с учетом лесоводственных, экологических и экономических последствий пожаров выборочная охрана лесов целесообразна в Среднесибирском районе притундровых и редкостойных лесов, а также в Среднесибирском плоскогорном таежном районе. Территория Западно-Сибирского равнинного таежного района должна охраняться полностью, но с различными уровнями интенсивности на разных ее частях. Лесной фонд Приангарского, Среднесибирского подтаежнолесостепного, Алтае-Саянского горнотаежного и Алтае-Саянского горнолесостепного районов должен охраняться полностью и на всей территории. Применение контролируемых выжиганий под пологом сосновых и лиственничных насаждений перспективно в подзоне южной тайги, лесостепной зоне и в поясах предгорной и низкогорной тайги. Использование стихийных контролируемых пожаров допустимо на ограниченных площадях в подзонах средней и северной тайги с целью увеличения мозаичности лесного покрова, тепловой мелиорации почв, повышения продуктивности экосистем и интенсификации лесообразовательных процессов.

ТЕМНОХВОЙНЫЕ СИБИРИ В МЕНЯЮЩЕМСЯ КЛИМАТЕ

В.И. ХАРУК^{1,2}, С.Т. ИМ^{1,2}, И.А. ПЕТРОВ¹, А.С. ГОЛЮКОВ^{1,2}, М.Н. ЯГУНОВ

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, Россия

²Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

SIBERIAN DARK NEEDLE CONFERS IN THE CHANGING CLIMATE

V.I. KHARUK^{1,2}, S.T. IM^{1,2}, I.A. PETROV¹, A.S. GOLUKOV^{1,2}, M.N. YAGUNOV

¹V.N. Sukachev Institute of Forest SB RASC, Krasnoyarsk

²Siberian Federal University, Krasnoyarsk

Введение

Массовое усыхание хвойных древостоев документировано в пределах всей бореальной зоны [6, 10]. Ухудшение состояния хвойных отмечается в значительной части лесного фонда России [5, 6]. На Дальнем Востоке происходит усыхание *Picea ajansis* и *Abies nephrolepis* [2]. В Забайкалье, в горах Восточного и Западного Саяна и Кузнецкого Алатау наблюдается усыхание кедровников и пихтарников [3, 8]. В Беларуси погибла большая часть насаждений, сформированных *Picea abies* L. [9]. В последние десятилетия происходит усыхание кедрово-пихтовых древостоев хр. Хамар-Дабан. Среди вероятных причин усыхания рассматриваются воздействие корневых гнилей и бактерий, насекомых-вредителей, возрастание засушливости климата [1, 2, 3, 8, 9].

Цель работы: анализ причин усыхания темнохвойных древостоев Сибири с фокусировкой на лесах хр. Хамар-Дабан.

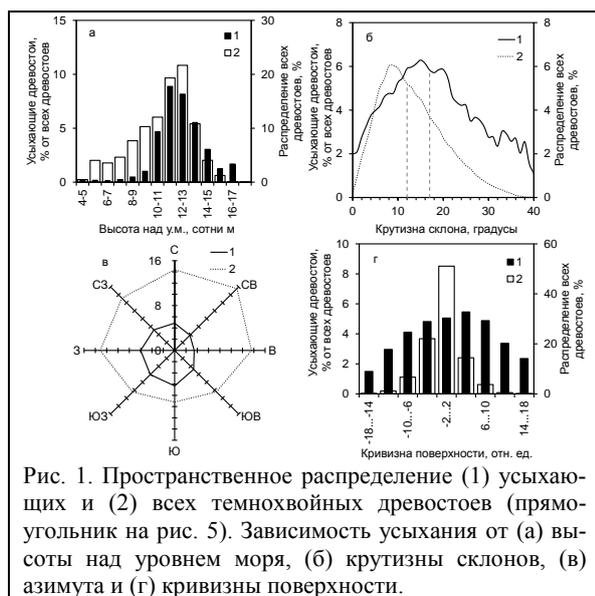


Рис. 1. Пространственное распределение (1) усыхающих и (2) всех темнохвойных древостоев (прямоугольник на рис. 5). Зависимость усыхания от (а) высоты над уровнем моря, (б) крутизны склонов, (в) азимута и (г) кривизны поверхности.

Усыхающих древостоев равны 15° и 17° соответственно, тогда как для всех древостоев указанные величины составляют 9° и 12° (рис. 1б).

Усыхание темнохвойных: данные дендрохронологии

В динамике прироста деревьев кедра начиная с 1980-х гг. прослеживается негативный тренд ($R^2 = 0,80$); одновременно происходит возрастание засушливости ($R^2 = 0,72$, рис. 2). Наряду с возрастанием засушливости «триггером» усыхания стали периодические засухи (2003, 2006 и 2010 г.), после которых последовало разделение анализируемой когорты деревьев на «усыхающие» и «выжившие» (рис. 2).

Усыхание темнохвойных: связь с эколого-климатическими переменными

В пределах хребта Хамар-Дабан наименьшее содержание влаги в почве наблюдается в зоне с наибольшей смертностью древостоев (рис. 3). Усыхающие и усохшие деревья проявляют повышенную чувствительность к изменениям эколого-климатических переменных (рис. 4, 5). Индекс прироста (ИП) кедра и SPEI тесно связаны корреляционной зависимостью ($r = 0,89$, рис. 4г). Связь ИП с температурой ниже ($r = -0,64$, рис. 4а). С осадками значимых корреляций не выявлено. Наблюдается значимая корреляция ИП когорты усыхающих и усохших деревьев с влажностью корнеобитаемой зоны ($r = 0,62-0,85$; рис. 5б, в) и дефицитом водяного пара ($r = -0,57$, рис. 4в). Примечательна связь радиального прироста с осадками и влажностью корнеобитаемого слоя в предыдущем году ($r = 0,46$ и $r = 0,76$ соответственно; рис. 4б; 5а)

Материалы и методы

В работе использованы материалы дистанционного зондирования (Landsat, QuickBird, гравиметрическая съемка GRACE, микроволновая съемка SMAP), дендрохронологические и эколого-климатические данные (включая индекс засушливости SPEI, влажность корнеобитаемого слоя) и ГИС-технологии. Учитывались данные обследований древостоев Хамар-Дабана, а также Центра защиты леса Красноярского края.

Результаты

Усыхание темнохвойных: связь с элементами рельефа

Пространственное распределение усыхающих и всех древостоев существенно различается. Усыхающие древостои занимают преимущественно более крутые выпуклые склоны юго-западной экспозиции и расположены несколько выше над уровнем моря (рис. 1). Максимум и медиана распределения усыхающих древостоев равны 15° и 17° соответственно, тогда как для всех древостоев указанные величины составляют 9° и 12° (рис. 1б).

В пределах ареалов кедра и пихты в Сибири наблюдается тесная связь между полученными данными усыхания древостоев (количество пробных площадей ПП = 9681) и аномалиями содержания влаги в почве (рис. 6), а также индексом засушливости SPEI ($r = 0,76$).

Заключение

Начиная с 1980-х гг. наблюдалось снижение величины индекса прироста кедра на фоне уменьшения индекса сухости климата SPEI, повлекшее разделение деревьев на две когорты: «выживших» и «усыхающих». Пространственное распределение этих когорт различно: усыхающие и усохшие древостои локализованы преимущественно на элементах рельефа с повышенным риском водного стресса (крутые выпуклые склоны юго-западной экспозиции, подстилаемые маломощными хорошо дренированными супесями, рис. 1 и 5). Индекс прироста кедра тесно связан с индексом сухости SPEI. Первопричина наблюдаемого усыхания кедровников Прибайкалья – возрастание засушливости климата в сочетании с периодическими засухами. Необходимо отметить, что аналогичные зависимости наблюдаются между приростом деревьев пихты и эколого-климатическими переменными. Ослабление древесных растений водным стрессом сенсibilizировало их к атакам фитопатогенов. Синергизм климатических и биотических воздействий повлек за собой усыхание кедровых древостоев. В целом в пределах хребта Хамар-Дабан сильно поврежденные и усыхающие насаждения (>50 % усыхающих и усохших деревьев) составляют 8–10 % общей площади темнохвойных. В настоящее время возрастание усыхания кедра и пихты наблюдается в большей части ареалов указанных видов (рис. 6). Географически усыхание начиналось (1) на границах ареалов (что относится и к темнохвойным хр. Хамар-Дабан) и (2)

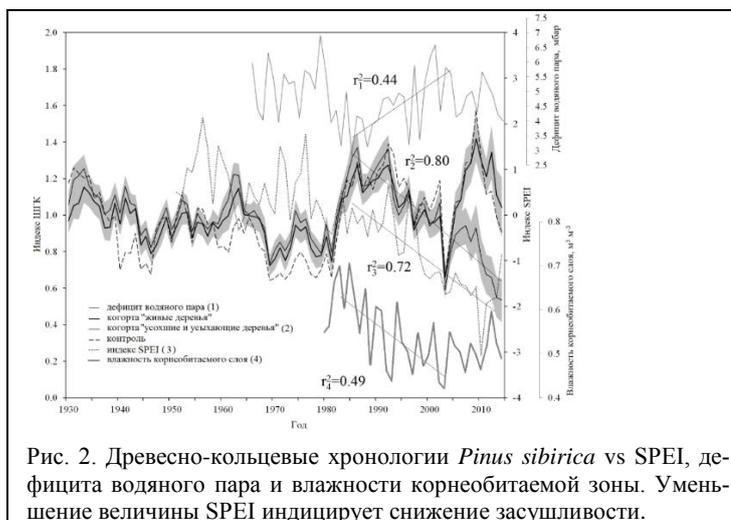


Рис. 2. Древесно-кольцевые хронологии *Pinus sibirica* vs SPEI, дефицита водяного пара и влажности корнеобитаемой зоны. Уменьшение величины SPEI индицирует снижение засушливости.

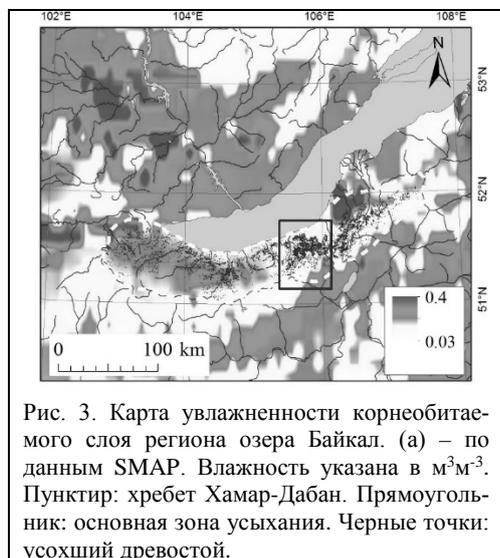


Рис. 3. Карта увлажненности корнеобитаемого слоя региона озера Байкал. (а) – по данным SMAP. Влажность указана в $m^3 m^{-3}$. Пунктир: хребет Хамар-Дабан. Прямоугольник: основная зона усыхания. Черные точки: усохший древостой.

на элементах рельефа, соответствующих максимальному риску водного стресса. В пределах горных массивов усыхание наиболее выражено в зонах перевалов, где происходит перенос сухих воздушных масс. Обычно усыхание начинается с нижних элементов рельефа, уменьшаясь по градиенту высоты вследствие возрастания уровня осадков и увлажнения.

В XXI столетии наиболее вероятно дальнейшее повышение температуры воздуха, возрастание засушливости климата в различных частях лесов бореальной зоны (включая южные части ареалов кедра и пихты) [7]. Наряду с собственно ослаблением древостоев это может стимулировать возникновение вспышек массового размножения насекомых-вредителей, что в синергизме с водным стрессом может привести к элиминации кедра и пихты из части их ареалов, к замене этих влаголюбивых хвойных на толерантные виды (например, на лиственницу, сосну обыкновенную, мелколиственные). Аналогичные явления прогнозируются и для других лесных территорий бореальной зоны [5].

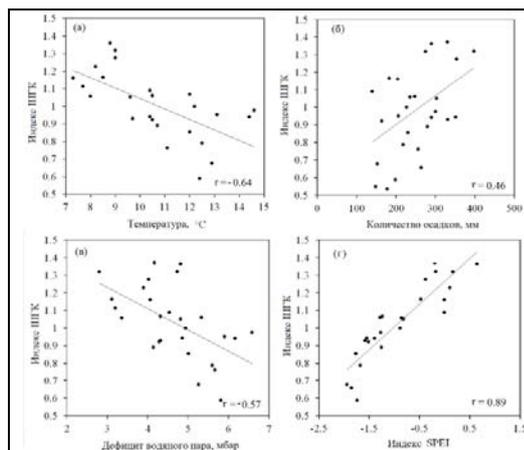


Рис. 4. Корреляции между ШГК усохших и усыхающих деревьев *Pinus sibirica* (N=83) и (а) температурой воздуха (июнь текущего года), (б) количеством осадков (июль предыдущего года), (в) дефицитом водяного пара (июнь текущего года) и (г) SPEI (май – август текущего года) ($p < 0,05$).

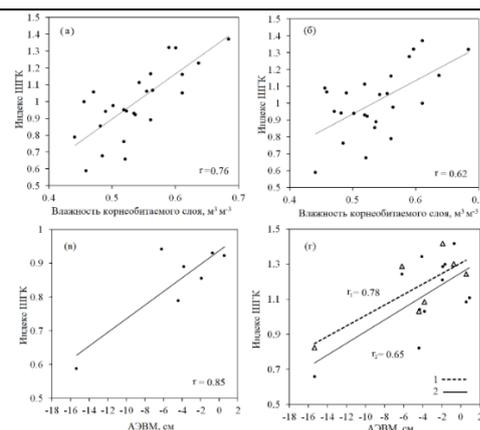


Рис. 5. Корреляции между ШГК деревьев *Pinus sibirica* и влажностью почвы: (а, б) – ШГК усохших и усыхающих деревьев vs влажность корнеобитаемого слоя (а – июль предыдущего, б – июль текущего года); (в) – ШГК усохших и усыхающих деревьев vs аномалии эквивалента водной массы (минимум за текущий год); (г) – ШГК живых деревьев vs аномалии эквивалента водной массы (1 – за предыдущий и 2 – за текущий год) ($p < 0,05$).

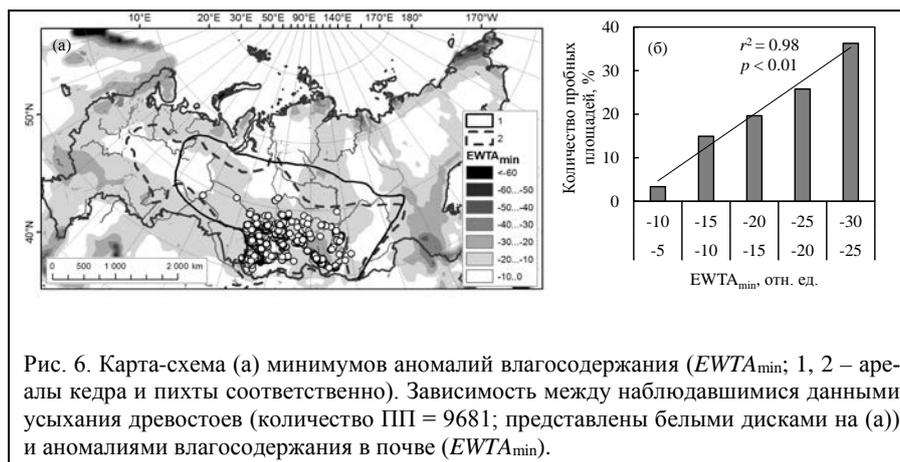


Рис. 6. Карта-схема (а) минимумов аномалий влагосодержания ($EWTA_{min}$; 1, 2 – ареалы кедра и пихты соответственно). Зависимость между наблюдавшимися данными усыхания древостоев (количество ПП = 9681; представлены белыми дисками на (а)) и аномалиями влагосодержания в почве ($EWTA_{min}$).

ЛИТЕРАТУРА

1. Замолодчиков Д.Г. Оценка климатогенных изменений разнообразия древесных пород по данным учетов лесного фонда // Успехи совр. биол., 2011, т. 131, № 4. С. 382–392.
2. Манько Ю.И., Гладкова Г.А., Бутовец Г.Н., Норихиза Камибаяси. Мониторинг усыхания пихтово-еловых лесов в Центральном Сихотэ-Алине // Лесоведение, 1998, № 1. С. 3–16.
3. Павлов И.Н., Рухуллаева О.В., Барабанова О.А., Азеев А.А. Оценка роли корневых патогенов в ухудшении состояния лесного фонда Сибирского федерального округа // Хвойные бореальной зоны, 2008, № 3–4. С. 262–268.
4. Чупров Н.П. К проблеме усыхания ельников в лесах Европейского Севера России // Лесное хозяйство, 2008, № 1. С. 24–26.
5. Aitken S.N., Yeaman S., Holliday J.A. et al. Adaptation, migration or extirpation: Climate change outcomes for tree populations // Evolutionary Applications, 2008, vol. 1, N 1. Pp. 95–111.
6. Allen C.D., Macalady A.K., Chenchouni H. et al. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests // Forest Ecology and Management, 2009, vol. 259, N 4. Pp. 660–684.
7. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability IPCC Working Group II Contribution to AR5 (2014). Yokohama, Japan.
8. Kharuk V.I., Im S.T., Oskorbin P.A., Petrov I.A., Ranson K.J. Siberian Pine Decline and Mortality in Southern Siberian Mountains // Forest Ecology and Management, 2013a, vol. 310. Pp. 312–320.
9. Kharuk V.I., Im S.T., Dvinskaya M.L., Golukov A.S., Ranson K.J. Climate-induced mortality of spruce stands in Belarus // Environmental Research Letters, 2015, 10 (12).
10. Millar C.I. & Stephenson N.L. Temperate forest health in an era of emerging megadisturbance. Science, 2015, 21: 823–826.

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа поддержана грантом Российского научного фонда № 14-24-00112.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕСНОЙ ПИРОЛОГИИ В РОССИИ

П.А. ЦВЕТКОВ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск (tsvetkov@ksc.krasn.ru)

MODERN STATE OF FOREST FIRE SCIENCE IN RUSSIA

P.A. TSVETKOV

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk (tsvetkov@ksc.krasn.ru)

Лесная пирология – наука о природе лесных пожаров и их последствиях, методах борьбы с ними, а также позитивной роли огня в лесу. Из определения следует, что изучение природы лесных пожаров составляет ее теоретическую основу, а разработка методов борьбы, а также оценка и использование позитивной роли пожаров – прикладную часть. Ниже мы рассмотрим состояние отечественной лесной пирологии, сложившееся к середине второго десятилетия XXI в.

Основными вопросами фундаментальных исследований лесной пирологии являются: исследование условий возникновения, распространения и развития лесных пожаров; совершенствование оценки и прогнозирования пожарной опасности различной заблаговременности; характеристика пирологических свойств лесных горючих материалов; исследование лесоводственных, экономических и экологических последствий пожаров; оценка пожарных и послепожарных биогенных эмиссий, а также депонирование углерода; изучение тепло- и массообмена при горении в лесу; моделирование лесных пожаров. Все эти вопросы имеют общей целью исследование роли огня в лесных экосистемах как постоянно действующего эколого-эволюционного фактора формирования, роста и развития лесов.

Прикладные исследования включают вопросы профилактики возникновения и распространения лесных пожаров, способов их обнаружения и тушения, совершенствования средств и методов дистанционного получения информации о пожарном состоянии территорий и о лесных пожарах, изыскания способов создания пожароустойчивых лесов, организации и технологии лесопожарных работ, индивидуальных и коллективных защитных средств, охраны труда при тушении лесных пожаров, изыскания эффективных огнегасящих веществ, совершенствования методики оптимизации затрат на охрану лесов.

Лесопирологические исследования проводятся институтами РАН, СО РАН, УрО РАН, вузами, НИИ Рослесхоза, ФБУ «Авиалесоохрана», ВИПКЛХ, МЧС. В территориальном отношении основные исследования сосредоточены в Сибири, на Дальнем Востоке, на Урале и в европейской части России.

Учеными Сибири выявлены зонально-экологические особенности возникновения, развития и последствий лесных пожаров в сосновых лесах. Установлена их периодичность и средние межпожарные интервалы в зависимости от зональности, элементов ландшафта, климата и антропогенных нагрузок. Исследованы эмиссии при лесных пожарах, оценено их воздействие на баланс углерода и компоненты лесных экосистем Сибири. Созданы научные основы картографирования растительных горючих материалов. Разработан вопрос оценки пожарной опасности в различных природных условиях, предложена ее пространственно-временная классификация. На базе ГИС заложены основы системы прогноза распространения, развития и последствий лесных пожаров. Исследована природа пожаров в горных лесах, установлены закономерности распространения их по рельефу. Разработан метод экстраполяции метеоданных из нижней части лесного пояса в верхний, что важно в условиях Сибири с редкой сетью метеостанций. Исследована природа пожаров в лесах криолитозоны, установлены ее особенности. Обосновано представление о пирогенных свойствах древесных пород как комплексе морфологических и физиолого-биохимических адаптаций, сформировавшемся под воздействием пожаров в процессе эволюции. Выработано экологическое понимание устойчивости лиственницы Гмелина к пожарам в зоне многолетней мерзлоты. Обоснована необходимость перехода от концепции пожаротушения к концепции пожароуправления, в том числе на особо охраняемых природных территориях. На Алтае, в Западной и Средней Сибири изучено влияние пожаров на процесс лесообразования, что позволило определить принципы и выработать методы изучения послепожарного лесообразовательного процесса на типологической и ландшафтной основе, показать значение пожаров в формировании лесов. Предложены методы повышения пожароустойчивости насаждений, сочетающие лесокультурные, лесоводственные и профилактические противопожарные мероприятия, которые в совокупности образуют единую систему мер по формированию устойчивых к воздействию пожаров лесных массивов. Исследовано формирование комплексов лесных горючих материалов при разных лесоводственных показателях и экологических режимах природных экосистем, определена их роль в возникновении, распространении и развитии пожаров. Предложена технология контролируемых выжиганий в лесах Сибири с целью снижения природной пожарной опасности и стимулирования лесовосстановления. Установлен механизм возникновения и развития пожаров от молний в различных лесорастительных условиях. Разработаны методы классификации лесного

фонда по степени пожарной опасности от гроз. Создана и реализуется концепция многоуровневого лесопожарного мониторинга и определены его задачи. Развитию дистанционных методов исследования способствовало установление в Институте леса им. Сукачева СО РАН комплекса приема спутниковой информации. Существенные результаты достигнуты в области математического моделирования. Создана модель процесса распространения и локализации лесных пожаров. Обоснована теория локализационного управления пожарами. Разработана общая математическая модель лесных пожаров, в которой лес и продукты горения представляются пористо-дисперсной реакционноспособной системой. Предложена детерминированно-вероятностная модель прогноза пожарной опасности в лесу.

Учеными Дальнего Востока выявлены основные закономерности пространственно-временного распределения лесных пожаров, определены его зонально-географические особенности, выполнено лесопожарное районирование дальневосточных лесов. Создана генетическая классификация лесных горючих материалов. Разработаны принципы и методы формирования насаждений пожароустойчивой структуры. Изучены негативные и позитивные последствия пожаров и влияние их на формирование лесов в различных зонально-географических условиях. Вскрыты региональные особенности, способствующие возникновению чрезвычайной пожарной опасности и катастрофических лесных пожаров. Дана обобщающая пирологическая характеристика комплексов горючих материалов и их оценка по степени опасности возникновения пожаров. Подробно исследованы послепожарные сукцессии в лесах южного Сихотэ-Алиня. Выполнен анализ состояния атмосферы в связи с задымленностью от лесных пожаров. Установлены причины устойчивого роста горимости лесов, которые в большинстве своем являются общими для всей России. Разработана методика количественного выражения пожарной опасности участков леса по лесорастительным условиям. Установлено влияние муссонного климата на формирование лесопожарных ситуаций. Обобщен практический опыт предотвращения и тушения пожаров в экстремальных растительных и погодных условиях. В своей совокупности результаты указанных исследований составляют единую систему знаний о природе лесных пожаров и способах борьбы с ними на Дальнем Востоке.

Значительный вклад в познание роли пожаров как фактора, влияющего на процесс формирования, роста и развития лесов, внесен работами ученых Урала. Проведены многолетние широкомасштабные фундаментальные эколого-географические исследования и теоретические обобщения закономерностей послепожарного естественного возобновления сосны обыкновенной. Разработана теория петропсаммофитности-пирофитности популяций этого вида, циклически-эрозионно-пирогенная теория возобновления, динамики и эволюции популяций, импульсной пирогенной стабильности сосновых лесов. Обосновано, что пожары являются одной из движущих сил микроэволюции популяций и филоценогенеза, экологическим механизмом эволюционного процесса.

Учеными европейской части страны создано новое направление в отечественной лесной пирологии, связанное с исследованием пожаров в лесах, загрязненных радионуклидами. Существенным достижением является совместная разработка институтами РАН, СО РАН, Рослесхоза, Росгидромета и Авиа-лесоохраны информационной системы дистанционного мониторинга лесных пожаров (ИСДМ-Рослесхоз). Система работает в режиме реального времени, применяется для прогнозирования и мониторинга пожарной опасности, обнаружения лесных пожаров и наблюдения их в динамике, оценки пройденной огнем площади и степени повреждения лесов. Выполнено зонирование лесного фонда России по уровню горимости, районирование территории страны в соответствии с видом охраны, дана оценка последствий лесных пожаров, создана циркумполярная многолетняя база данных о пройденных огнем территориях. Предложены физико-математические модели для оценки параметров лесных пожаров и противопожарных барьеров. Новым для борьбы с лесными пожарами также является создание быстротвердеющих пен, огнезащитного экрана, парашютных систем для применения в авиационной охране лесов.

Таким образом, к настоящему времени лесная пирология накопила значительный объем знаний теоретического и прикладного характера. Вместе с тем, оценивая состояние лесной пирологии в целом, следует отметить, что разработкой проблемы охраны лесов от пожаров в России занимаются незначительные, разрозненные научные силы. К примеру, в системе Российской академии наук существует лишь одна лаборатория лесной пирологии с небольшим штатом сотрудников – в Институте леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. В отраслевых НИИ лесного хозяйства лесная пирология представлена очень слабо. А единственный на всю Сибирь отраслевой лесопожарный институт – ВНИИПОМлесхоз – в 2008 г. был ликвидирован, что крайне отрицательно сказалось на развитии прикладной лесопожарной науки в стране. Разработкой тяжелых технических средств для тушения лесных пожаров в ограниченном количестве сейчас в России занимается небольшое число организаций. При отсутствии госзаказа их работа определяется рыночными отношениями и никак не согласуется между собой. В основном же разрабатываются малые лесопатрульные комплексы, пожарные модули, мотопомпы, ручной пожарный инвентарь. Координация лесопожарных исследований в стране, которую в свое время осуществляла секция лесной пирологии Научного совета РАН по проблемам леса, сейчас практически отсутствует. В целом современное состояние лесной пирологии в России после введения с 1 января 2007 г. нового Лесного кодекса нельзя признать удовлетворительным.

АРГИНИН ИЗ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Н.П. ЧЕРНОБРОВКИНА¹, Е.В. РОБОНЕН¹, В.А. ИЛЮХА², А.Р. УНЖАКОВ², Н.Н. ТЮТЮННИК², Ю.Н. ПРЫТКОВ³, М.И. ЗАЙЦЕВА⁴

¹Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск (chernobrovkina50@bk.ru)

²Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск (ilyukha@bio.krc.karelia.ru)

³Аграрный Институт Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарева, Саранск (prutkov@agro.mrsu.ru)

⁴Петрозаводский государственный университет им. О.В. Куусинена, Петрозаводск (2003bk@bk.ru)

ARGININE FROM CONIFEROUS PLANTS AND ITS POTENTIAL APPLICATIONS

N.P. CHERNOBROVKINA¹, E.V. ROBONEN¹, V.A. ILYUKHA², A.R. UNZHA KOV², N.N. TYUTYUNNIK², YU.N. PRYTKOV³, M.I. ZAITSEVA⁴

¹Forest Research Institute, Karelian Research Centre RAS, Petrozavodsk (chernobrovkina50@bk.ru)

²Institute of Biology, Karelian Research Centre RAS, Petrozavodsk (ilyukha@bio.krc.karelia.ru)

³Institute of Agriculture, Ogarev Mordovia State University, Saransk (prutkov@agro.mrsu.ru)

⁴Petrozavodsk State University, Petrozavodsk (2003bk@bk.ru)

Аргинин у хвойных растений участвует в различных метаболических процессах, в том числе в защитных реакциях на воздействие стрессовых условий среды [11, 14, 15]. Возможно значительное повышение содержания свободного аргинина в хвое путем регуляции минерального питания [8, 12]. Разбалансированность минерального питания хвойных растений приводит к изменению состава свободных аминокислот в их тканях. При избытке азота, а также при дефиците большинства макро- и многих микроэлементов у хвойных происходит накопление аминокислот с высоким содержанием азота – аргинина, лизина и орнитина. Запасание азота в форме аргинина характерно для хвойных пород; у лиственных древесных растений, в частности, у березы повислой (*Betula pendula* var. *Pendula*) и карельской березы (*B. pendula* var. *carelica* (Merclín) Hamet Ahti), накопления аргинина под воздействием высоких доз азота не наблюдалось [10].

В результате исследований минерального питания, ростовой и метаболической активности хвойных растений впервые было показано, что бор оказывает стимулирующее влияние на накопление аргинина у сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) при избытке азота на фоне низкого уровня других элементов минерального питания [8]. Уровень аргинина в хвое в расчете на единицу сухого вещества увеличивался по сравнению с контролем (без применения химикатов) при внесении в почву азота, а также азота и бора соответственно в 12 и 20 раз и составлял 53 и 76% от суммы аминокислот. Такой эффект отмечался уже в первый вегетационный период, в год внесения удобрений. Содержание аргинина в хвое 5-летней ели европейской (*Picea abies* L.) увеличивалось максимально в 33 раза при высокой дозе азота [9]. Установлено многократное повышение количества этой аминокислоты в хвое ели в варианте с использованием высокой дозы борной кислоты и низкой азота. Это позволяет при небольших затратах на азотные удобрения достигать значительного повышения уровня аргинина в хвое. Исходя из того, что бор стимулирует поступление азота в хвойное растение и транспорт углеводов в растениях и таким образом повышает их азотный и углеводный статусы, можно предположить, что бор активировал синтез аргинина и ингибировал процесс его катаболизма. Обсуждаются возможные механизмы этих процессов.

Для получения обогащенной аргинином древесной зелени наиболее эффективно использование отходов при рубках 10–15-летних деревьев хвойных растений, произрастающих на территории ЛЭП, на трассах различного использования, а также предназначенных для вырубki при разреживании лесных культур [6]. С этой целью возможно и целевое плантационное выращивание хвойных пород. С учетом показателей, характеризующих распределение аргинина по мутовкам, было рекомендовано проводить отбор хвои первого и второго годов со 2–4-й мутовки от вершины в кроне 10-летней сосны обыкновенной [5]. Наиболее эффективным сроком внесения азота и бора в почву с целью накопления максимального количества аргинина в хвое оказалась первая декада июня.

Разработка технологии повышения уровня аргинина у хвойных растений открывает возможности использовать хвою в фармацевтической промышленности в качестве сырья для получения этой аминокислоты, а также в животноводстве и ветеринарии в качестве биологически активных добавок животным. Следует отметить, что аргинин участвует в синтезе одной из важнейших сигнальных молекул – NO, имеет большое значение в функциональной активности органов и тканей человека, животных и широко используется в медицине и ветеринарии.

Испытание препаратов, полученных из хвои сосны обыкновенной с высоким содержанием аргинина, достигнутым в результате регуляции минерального питания, показало, что они оказывают положи-

тельное влияние на продуктивность кур-несушек кросса «Ломанн браун» и выживаемость щенков американской норки (*Mustela vison* Shr.) [1, 2, 7]. Включение в рацион подопытных птиц хвойной муки, обогащенной аргинином, повышало их среднесуточные приросты на 15,6%, а также стимулировало яйценоскость на 46%. У американской норки улучшение под влиянием хвойного аргининового экстракта хозяйственно-полезных признаков – показателей воспроизводства и динамики роста молодняка – сопровождалось интенсификацией метаболических процессов. В большинстве органов подопытных норок отмечались увеличение уровня низкомолекулярных антиоксидантов – глутатиона, токоферола и ретинола, также наблюдался иммуномодулирующий эффект препарата у молодых животных. Под воздействием хвойного аргининового экстракта на 30% повышалась выживаемость ослабленных щенков. Кроме того, из отходов, образующихся при получении обогащенного аргинином хвойного экстракта, с целью безотходного использования ресурсного потенциала леса предложена технология получения теплоизоляционных плит [3, 4].

Дальнейшее совершенствование биотехнологии получения обогащенной аргинином древесной зелени и хвойных препаратов из нее, а также разработка технологии выделения аминокислоты из обогащенной аргинином древесной зелени позволят отказаться от импорта этой аминокислоты и предусматривают организацию в России производства импортозамещающих аргининсодержащих продуктов. В результате в лесном комплексе возможно снижение количества отходов древесной зелени за счет более полной утилизации биомассы леса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ на изобретение № 2540354 «Способ кормления пушных зверей». 2014 г. / Чернобровкина Н.П., Робонен Е.В., Макарова Т.Н., Унжаков А.Р., Тютюнник Н.Н., Узенбаева Л.Б., Баишикова И.Б.
2. Патент РФ на изобретение № 2515015 «Хвойная биологически активная добавка, обогащенная L-аргинином, для повышения продуктивных качеств кур-несушек» / Короткий В.П., Прытков Ю.Н., Марисов С.С., Гибалкина Н.И., Кистина А.А., Чернобровкина Н.П., Робонен Е.В.
3. Патент РФ на полезную модель «Теплоизоляционная древесноволокнистая плита». Заявка № 3013141109/03(062777) 06.09.2013 / Зайцева М.И., Робонен Е.В., Колесников Г.Н., Чернобровкина Н.П., Васильев С.Б.
4. Патент РФ на полезную модель «Теплоизоляционная плита». Заявка № 2013140852/03(062260) 04.09.2013 / Зайцева М.И., Робонен Е.В., Чернобровкина Н.П., Колесников Г.Н.
5. Робонен Е.В., Чернобровкина Н.П., Макарова Т.Н., Короткий В.П., Прытков Ю.Н., Марисов С.С. Накопление L-аргинина в хвое сосны обыкновенной при регуляции азотного и борного обеспечения в различные сроки вегетации // ИВУЗ Лесной журнал, 2014, 3. С. 67–78.
6. Робонен Е.В., Чернобровкина Н.П., Чернышенко О.В., Зайцева М.И. Источники получения древесной зелени для производства аргининового иммуностимулятора // Издательство МГУЛ – Лесной вестник, 2012, 3. С. 11–15.
7. Унжаков А.Р., Тютюнник Н.Н., Узенбаева Л.Б., Баишикова И.В., Антонова Е.П., Чернобровкина Н.П., Робонен Е.В., Илюха В.А. Физиологическое состояние щенков американской норки (*Mustela vison*) при действии экстракта из обогащенной L-аргинином хвои // Тр. КарНЦ РАН, 2014, № 5. С. 222–226.
8. Чернобровкина Н.П., Робонен Е.В., Зайцева М.И. Накопление L-аргинина в хвое сосны обыкновенной при регуляции азотного и борного обеспечения // Химия растит. сырья, 2010, 3. С. 11–14.
9. Чернобровкина Н.П., Робонен Е.В., Морозов А.К., Макарова Т.Н. Накопление L-аргинина в хвое ели европейской при регуляции азотного и борного обеспечения // Тр. КарНЦ РАН, 2013, 3. С. 159–165.
10. Шуляковская Т.А., Ретин А.В., Шредерс С.М. Влияние подкормок азотом на развитие саженцев березы повислой и карельской березы // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2010, 1. С. 9–13.
11. Экофизиологическая характеристика использования азота сосной обыкновенной / Н.П. Чернобровкина. СПб.: Изд-во Наука, 2001. 175 с.
12. Näsholm T., Ericsson A. Seasonal changes in amino acids, protein and total nitrogen in needles of fertilized Scots pine trees // Tree Physiology., 1990, 6: 267–281.
13. Sudachkova N.E., Milyutina I.L., Romanova L.I. Free amino acid composition in Scots p tissues under stress impact in rhizosphere // Journal of Stress Physiol. & Biochem., 2007, 3 (2): 4–14.
14. Sudachkova, N.E., Milyutina, I.L., Semenova, G.P. Influence of water deficit on contents of carbohydrates and nitrogenous compounds in *Pinus sylvestris* L. and *Larix sibirica* Ledeb. Tissues // Eurasian J. For. Res., 2002, 4: 1–11.

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований ОБН РАН «Биологические ресурсы России: динамика в условиях глобальных климатических и антропогенных воздействий» в рамках проекта № 01201257867, Программы Президента РФ «НШ-1410.2014.4», Программы «Старт-2-11-2» 2011–2013 гг. Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере по проекту «Разработка технологии и использования аргининовых композиций из возобновляемых источников сырья для нужд народного хозяйства» и в рамках государственного задания ИЛ и ИБ КарНЦ РАН.

СПУТНИКОВЫЕ ДАННЫЕ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОЖАРОВ

Е.Г. ШВЕЦОВ¹, Е.А. КУКАВСКАЯ¹, Л.В. БУРЯК²

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

²Сибирский государственный технологический университет, Красноярск

SATELLITE DATA IN THE ASSESSMENT OF POST-FIRE STATE OF ZABAİKALIYE REGION FOREST

YE.G. SHVETSOV¹, YE.A. KUKAVSKAYA¹, L.V. BURYAK²

¹V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk

²Siberian State Technological University, Krasnoyarsk

Пожары являются одним из наиболее значимых факторов воздействия на леса в России. Ежегодно воздействию пожаров подвергаются леса на площади в несколько миллионов гектаров, со значительным возрастанием площадей, пройденных огнем, в отдельные годы [2, 3]. В настоящее время наблюдается рост продолжительности пожароопасных сезонов и частоты возникновения пожаров для ряда регионов России, в частности, лесов юга Сибири. При этом горимость территории Забайкальского края характеризуется как одна из наиболее высоких в России [5].

Основной целью работы являлась оценка нарушенности земель лесного фонда Забайкальского края и успешности лесовозобновления на участках лесных земель, пройденных пожарами.

В настоящее время использование спутниковых средств дает возможность ежедневно и многократно наблюдать большие территории, что позволяет выполнять оценку степени нарушенности лесов пожарами и проводить мониторинг послепожарной динамики лесных экосистем. Для этой цели широко используются вегетационные индексы, основанные на измерениях отраженного излучения в видимом и инфракрасном диапазонах [1, 4]. Для расчета вегетационных индексов мы использовали продукты MCD43A4/MCD43A2 с пространственным разрешением 500 м, сформированные по данным радиометра MODIS за период с 2000 по 2015 гг. В качестве индикатора степени пирогенной нарушенности лесов использовался коротковолновый вегетационный индекс (SWVI), рассчитываемый по данным каналов 2 (0,86 мкм) и 6 (1,64 мкм) MODIS. Исследования проводились для юго-западных районов Забайкальского края, которые характеризуются самой высокой степенью пирогенной нарушенности.

При оценке успешности лесовозобновления с помощью спутниковых средств учитывалось как естественное, так и искусственное возобновление леса. С этой целью анализировался участок временного ряда вегетационного индекса SWVI после воздействия пожара, для которого рассчитывались параметры уравнения линейного тренда. При этом предполагалось, что угловой коэффициент линии связан с успешностью возобновления. В качестве контрольных значений для оценки успешности лесовозобновления после пожаров использовались данные наземных обследований, проведенных на 16 пробных площадях.

Около 75% всех поврежденных пожарами пикселей характеризовались слабыми возрастающими трендами (значения угловых коэффициентов от 0,5 до 1,5). Отрицательные угловые коэффициенты, соответствующие последовательному снижению индекса SWVI после пожара, наблюдались для 5% нарушенных площадей. Существенный рост вегетационного индекса (коэффициент более 2,0) наблюдался в 17% случаев.

На рис. 1 приведен пример динамики среднесезонных значений вегетационных индексов для двух участков, на одном из которых, согласно данным наземных исследований, лесовозобновление отсутствует, а на другом наблюдается успешное естественное возобновление. Угловые коэффициенты линий тренда, характеризующие послепожарную динамику растительности, существенно отличаются.

Площадь участков лесных земель, на которых после пожаров регистрировалось успешное возобновление, составила около 1330 тыс. га; тех, где лесовозобновление затруднено, – более 960 тыс. га. Около 68% от площади лесных земель, где отмечалось затруднение послепожарного возобновления, приходится на преобладающие в регионе лиственные леса, более 20% – на сосновые насаждения, около 10% – на лиственные леса. Примерно на 25% площади лиственных насаждений, которые были пройдены огнем, наблюдалось затруднение процесса лесовозобновления, в то время как для сосновых насаждений эта величина составила около 37%.

В последнее время для Забайкальского края характерными становятся повторные пожары с периодичностью значительно ниже срока прохождения полного цикла развития коренных фитоценозов после воздействия пожара, что приводит к трансформации лесных экосистем в нелесные [5]. В этом случае пожары нередко распространялись по одной и той же территории три раза и более в течение рассматриваемого периода. Мы проанализировали средние значения угловых коэффициентов линий тренда в зави-

симости от количества сезонов, когда в пикселе регистрировались пожары. Несмотря на значительную вариацию угловых коэффициентов, наблюдалось снижение их средних значений при увеличении числа пожаров, что указывает на затруднение процесса восстановления растительности на участках, многократно подвергавшихся воздействию пожаров. Так, на участках лесных земель, где отмечалось отсутствие или затруднение лесовозобновления, пожары фиксировались однократно лишь на 30% площади, двукратно – на 35%, существенная доля площади (более 30%) была пройдена огнем три раза и более.

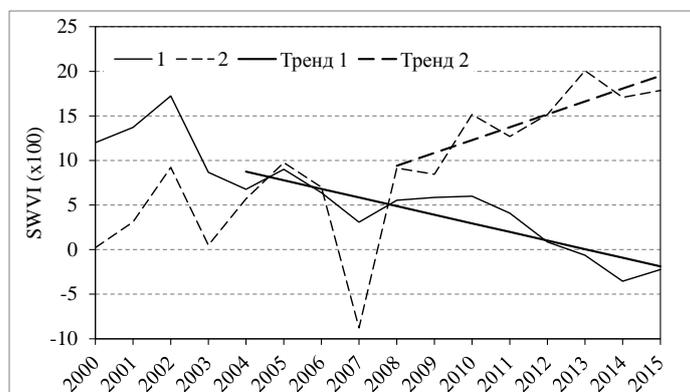


Рис. 1. Динамика вегетационного индекса SWVI для двух участков. 1. Насаждение, погибшее после пожара 2003 г., где, по данным наземных обследований, лесовозобновление отсутствует. 2. Насаждение, погибшее после пожара 2007 г., с успешным возобновлением березы и осины. Для каждого из участков показаны соответствующие линии тренда

ЛИТЕРАТУРА

1. *Барталев С.А., Егоров В.А., Крылов А.М., Стыцено Ф.В., Ховратович Т.С.* Исследование возможностей оценки состояния поврежденных пожарами лесов по данным многоспектральных спутниковых измерений // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 2010, т. 7, № 3. С. 215–225.
2. *Барталев С.А., Стыцено Ф.В., Егоров В.А., Лупян Е.А.* Спутниковая оценка гибели лесов России от пожаров // *Лесоведение*, 2015, № 2. С. 83–94.
3. *Пономарев Е.И., Швецов Е.Г.* Характеристики категорий пожаров растительности в Сибири по данным спутниковых и других наблюдений // *Исслед. Земли из космоса*, 2013, № 5. С. 45–54.
4. *Gao B.* NDWI – A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space // *Remote Sens. Environ.*, 1996, vol. 58. Pp. 257–266.
5. *Kukavskaya E.A., Buryak L.V., Ivanova G.A., Conard S.G., Kalenskaya O.P., Zhila S.V., McRae D.J.* Influence of logging on the effects of wildfire in Siberia // *Environ. Res. Lett.*, 2013, vol. 8.

БЛАГОДАРНОСТИ. Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 15-04-06567А).

О ВЛИЯНИИ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА НА ГОРИМОСТЬ ЛЕСОВ В РАЗНЫХ ЗОНАЛЬНО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РОССИИ

М.А. ШЕШУКОВ, С.А. ГРОМЫКО

Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Хабаровск (dvniih@gmail.com)

THE CLIMATE CHANGE IMPACT ON THE FORESTS FIRE DANGER IN CONDITIONS OF VARIOUS GEOGRAPHICAL ZONES OF RUSSIA

M.A. SHESHUKOV, S.A. GROMYKO

Far East Forestry Research Institute, Khabarovsk (dvniih@gmail.com)

Согласно исследованиям, потепление климата в конце XX в. и особенно в XXI в. стало очевидным [1–6]. К настоящему времени накоплен большой объем доказательств о потеплении климата на планете: наблюдается таяние льдов Арктики, Гренландии и Антарктиды; уменьшаются размеры горных ледников; повышаются температуры почвогрунтов в мерзлотной зоне, что способствует таянию многолетней и длительной сезонной мерзлоты. Потепление климата изменит соленость морей, интенсивность и направление морских течений и воздушных масс, что негативно скажется на круговороте воды и на всех связанных с ним биосферных процессах, в том числе и на горимости лесов, обуславливающей высокое задымление атмосферы и массовый выброс в нее диоксида углерода, что повышает парниковый эффект.

Влияние потепления климата на динамику главных факторов, определяющих горимость лесов, позволяет оценить результаты многолетних исследований, выполненных ФБУ «ДальНИИЛХ». В частности, исследовано влияние погодных условий на горимость лесов, количественно определяемую показателем Нестерова, на степень их пожарной опасности и регламентацию работы лесопожарной службы. Для оценки влияния различных факторов на горимость лесов в разных зонально-географических условиях были проведены многочисленные натурные огневые опыты [7–9]. Огонь при лесных пожарах – грозное планетарное антропогенно-природное явление: сгорают населенные пункты, гибнут люди и животные, снижается биоразнообразие, нарушается равновесие природных экосистем. В бореальных лесах Северного полушария пожары распространяются на миллионы гектаров. Уровень горимости лесов определяется тремя основными природно-пирологическими факторами, которые при потеплении климата соответственно будут изменяться. *Первый* – погодно-климатические условия, обуславливающие готовность лесных горючих материалов к загоранию и возникновению лесных пожаров при засухе или снижении пожарной опасности и горимости лесов при выпадении осадков. Пространственно-временная изменчивость погодных условий, их масштабность и диапазон очень велики – они могут изменяться от выпадения осадков с последующими часто разрушительными наводнениями до экстремально засушливых сезонов продолжительностью до двух месяцев, сопровождаемых высокой и чрезвычайной горимостью лесов. Изменение погодно-климатических условий при потеплении климата соответственно скажется на уровне горимости лесов в различных зонально-географических условиях. *Второй* фактор – наличие и состояние объектов горения при лесных пожарах. Объекты горения отличаются большим разнообразием, что предопределяет в сочетании с погодными условиями разные виды лесных пожаров, интенсивность, скорость распространения и другие их характеристики. Это в свою очередь обуславливает разные тактические и технические способы и приемы тушения пожаров. Девственные леса характеризуются более низкой пожарной опасностью и горимостью, чем насаждения, пройденные промышленными рубками и пожарами. Процент же девственных лесов с каждым годом резко снижается, а доля насаждений, расстроенных антропогенным воздействием, постоянно увеличивается. Такая негативная динамика предопределяет повышение горимости лесов, особенно в регионах с континентальным климатом и высокой плотностью антропогенных источников огня. *Третий* фактор – наличие и плотность антропогенных и природных источников огня. В отдельных субъектах Российской Федерации в Дальневосточном федеральном округе (северная часть Республики Саха (Якутия), Магаданская область, Чукотский АО) от грозовых разрядов (молний) возникает более 25% загораний леса. Столь высокий процент загораний от молний здесь обусловлен следующими причинами. Во-первых, кустистые лишайники (ягель) являются одним из наиболее важных объектов горения при лесных пожарах. Они отличаются высокой скоростью пожарного созревания, воспламеняемостью и горимостью. Натурные огневые опыты, проведенные в Билибинском лесничестве (Чукотский АО), свидетельствуют, что при выпадении ночных осадков при ясной и ветреной погоде такие участки могут загораться в тот же день после полудня. Поэтому кустистые лишайники практически постоянно находятся в пожарнорезлом состоянии и легко воспламеняются при сухих грозах. Такой же высокой скоростью пожарного созревания обладает и усохший травостой злаково-разнотравной растительности. Во-вторых, в этих субъектах РФ крайне низкая плотность антропогенных источников огня вследствие малой численности населения. К тому же кустистые лишайники являются основной кормовой

базой для оленеводства, а на пройденных огнем участках ягель восстанавливается только через 30–40 лет. В этой связи местное население с большей ответственностью относится к использованию огня в лесу. В-третьих, в районах, удаленных от морского побережья, континентальный и резко континентальный климат. Здесь могут формироваться кучевые облака, от которых грозовые разряды распространяются на 10–15 км от мест выпадения осадков, вызывая загорания в лесу. Регионам же с муссонным климатом, например, Приморью (зоне кедрово-широколиственных лесов), свойственны мощные циклоны, сопровождаемые массовыми грозовыми разрядами. Однако загораний леса от молний не возникает – они ликвидируются выпадающими осадками. Более того, такие циклонические осадки тушат пожары, ранее возникшие по вине человека. Плотность антропогенных источников огня здесь имеет устойчивую тенденцию к возрастанию – численность населения увеличивается, доступность территории повышается, что позволяет попасть в самые удаленные места. Одновременно снижается ответственность природопользователей за соблюдение Правил пожарной безопасности в лесах, предупреждение и тушение лесных пожаров. Все это предопределяет повышение горимости лесов. Следовательно, изменения упомянутых трех основных природно-пирологических факторов обуславливают разный уровень пожарной опасности и горимости лесов в различных зонально-географических условиях. Так, в лесотундре и северной подзоне тайги вероятность возникновения лесных пожаров будет снижаться из-за интенсивного таяния мерзлотных горизонтов почвы. Горимость лесов будет также снижаться и в регионах с типично муссонным климатом, поскольку с потеплением климата повысится интенсивность и частота тропических тайфунов и циклонов. В средней же и южной подзонах тайги Дальнего Востока и Сибири пожарная опасность и горимость лесов будут возрастать, поскольку здесь леса наиболее подвержены техногенному и антропогенному воздействию и плотность источников огня более высокая. Кроме того, континентальный и резко континентальный климат предопределяет формирование мощных антициклонов, сопровождаемых устойчивой засухой, штормовыми ветрами в весенний период и, соответственно, высокой горимостью лесов. Подтверждением этому являются катастрофические лесные пожары с трагическими последствиями в 2010 г. в Европейско-Уральском регионе России и в 2015 г. в республиках Хакасия и Бурятия, Забайкальском крае, Иркутской области. Затраты на тушение этих пожаров огромны, а социально-эколого-экономический ущерб масштабен. Причинен невосполнимый ущерб лесам и лесной фауне, негативно изменился гидрологический режим рек и озера Байкал. Высокая горимость лесов во многом также связана с массовым неконтролируемым выжиганием сухой травы на землях бывших сельхозугодий, заросших травяно-кустарниковой растительностью.

Таким образом, обобщая изложенное, можно констатировать, что негативная динамика основных природно-антропогенно-пирологических факторов, усиленных потеплением климата, предопределяет изменение горимости лесов в различных зонально-географических условиях. В лесотундре и северной подзоне тайги в районах с многолетней мерзлотой и длительным сезонным промерзанием почвогрунтов, а также в районах с муссонным климатом (Приморский край, восточная часть Хабаровского края, Камчатский край, Сахалинская область) горимость лесов будет снижаться. И наоборот, в районах с континентальным климатом – средняя и южная подзоны тайги Сибири и Дальнего Востока (республики Хакасия, Тыва, Бурятия, Забайкальский край, юг Амурской области, Еврейская АО) горимость лесов будет возрастать, особенно в весенний период, когда на не покрытых лесом землях и в редкостойных насаждениях в обилии имеется усохший травостой. К тому же в этот период наблюдаются штормовые ветры при низкой влажности воздуха, а также после снежной зимы возрастает посещаемость лесов населением.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Баженова О.И., Мартыанова Г.Н.* Оценка изменений геофизиологических условий субаридных районов Сибири при современном потеплении климата // География и природные ресурсы, 2000, 4. С. 51–58.
2. *Барашкова Н.К., Заде Г.О., Кабанов М.В., Севастьянов В.В.* Современные тенденции климатических изменений в южной части Западной Сибири // География и природные ресурсы, 2000, 3. С. 77–82.
3. *Ваганов Е.А., Бриффа К.А., Наурызбаев М.М. и др.* Длительные климатические изменения в арктической области Северного полушария: докл. РАН, 2000, т. 375, 1. С. 103–106.
4. *Ваганов Е.А., Шиятов С.Г., Мазена В.С.* Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской субарктике. Новосибирск: Наука, 1996. 246 с.
5. *Ваганов Е.А., Шиятов С.Г., Хантемиров Р.Н., Наурызбаев М.М.* Изменчивость летней температуры воздуха в высоких широтах Северного полушария за последние 1,5 тыс. лет: сравнительный анализ данных годовичных колец деревьев и ледовых колонок: докл. РАН, 1998, т. 358, 5. С. 681–684.
6. *Зинченко Г.С., Суторихин И.А., Безуглова Н.Н.* Многолетние колебания температуры воздуха и атмосферных осадков в Алтайском крае // География и природные ресурсы, 2004, 4. С. 142–147.
7. *Шешуков М.А., Громыко С.А.* Влияние пирогенного фактора на формирование лесов в различных зонально-географических условиях Дальнего Востока // Вестник ТОГУ, 2008, 1 (8). С. 21–26.
8. *Шешуков М.А.* Виды, интенсивность пожаров и определяющие их факторы // Лесн. хоз-во, 1977, 5. С. 68–72.
9. *Шешуков М.А.* Влияние важнейших факторов среды на основные параметры кромки огня низового пожара: сб. тр. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1971, 11. С. 203–228.

СОЗДАНИЕ ЗАЩИТНЫХ ПОЖАРОУСТОЙЧИВЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕСНОГО ФОНДА

М.А. ШЕШУКОВ, В.В. ПОЗДНЯКОВА, О.А. ПИРОГОВА

Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Хабаровск (dvniih@gmail.com)

CREATION OF FIRE RESISTANT PLANTINGS ON THE TERRITORY OF FOREST FUND

M.A. SHESHUKOV, V.V. POZDNYAKOVA, O.A. PIROGOVA

Far East Forestry Research Institute, Khabarovsk (dvniih@gmail.com)

Самым распространенным противопожарным мероприятием в лесном фонде Российской Федерации является создание минерализованных полос для разделения и окаймления по периметру охраняемых объектов. Они находят широкое применение в качестве опорных полос для остановки кромки пожара и пуска встречного огня, для окаймления сплошных вырубок, куртин семенников, складов лесопродукции, буровых скважин и других объектов лесной и промышленной инфраструктуры. В большинстве случаев в лесах с высокой пожарной опасностью и частотой возникновения лесных пожаров затраты на создание минерализованных полос вполне себя оправдывают.

Однако наряду с положительными сторонами минерализованные полосы обладают рядом недостатков. Так, при их прокладке уничтожаются тонкомер и подрост, развивается водная эрозия почвы, ухудшается санитарное и эстетическое состояние насаждений – образуются валы из дернины, перемешанной с подстилкой, тонкомером и валежом. При длительной засухе такие валы характеризуются высокой пожарной опасностью и беспламенным горением. Кроме того, минерализованные полосы требуют постоянного подновления весной и осенью и часто не могут служить надежной преградой распространению огня, который при ветреной погоде легко их преодолевает. При создании минерализованных полос нерационально используются земли лесного фонда.

Для повышения эффективности линейных противопожарных разрывов (минерализованные полосы, безлесные противопожарные разрывы, противопожарные дороги и др.) дополнительно к ним необходимо создавать защитные пожароустойчивые полосы из огнестойких древесных пород, адаптированных к воздействиям пожаров. Они служат для расчленения лесной территории на блоки, разделения и окаймления хвойных лесных культур, защиты населенных пунктов, пожароопасных объектов экономики, находящихся в лесу.

Установлено, что отдельные древесные породы могут использоваться для создания пожароустойчивых насаждений и позволят снизить пожарную опасность и горимость лесов, сократив ущерб от лесных пожаров. При создании таких пожароустойчивых насаждений учитываются природные биоэкологические и фитоценологические различия древесных пород к воздействиям лесных пожаров и способность некоторых из них формировать под кронами на поверхности почвы опад и подстилку с низкой пожарной опасностью и горимостью.

Наши исследования показали, что эффективным дополнением минерализованным полосам и другим линейным противопожарным разрывам могут служить пожароустойчивые полосы, созданные загущенными посадками саженцев лиственницы и/или тополя [1]. Такие полосы превосходят безлесные противопожарные разрывы, поскольку снижают пожарную опасность лесных участков, более эффективно ограничивают распространение пожаров, надежно переводят верховые пожары в низовые, а также позволяют более рационально использовать земли лесного фонда [2].

Из всех дальневосточных хвойных пород лиственница по биоэкологическим свойствам не только наиболее огнестойка из-за толстой и плохо горимой коры, способности восстанавливать хвою после ее частичного повреждения пожаром, но и создает под кроной на поверхности почвы опад и подстилку с низкой пожарной опасностью. Это обусловлено тем, что, в отличие от хвои сосны и кедра, хвоя лиственницы мелкая, не смолистая, ее отдельные хвоинки не соединены в пучки. Она содержит в 3–4 раза меньше эфирных масел, чем хвоя сосны, кедра, ели и пихты, имеет повышенное влагосодержание, обладает низкой удельной теплотой сгорания (18,3 ккал/г), воспламеняемостью и горимостью [3]. Крона лиственницы и сформированные ею опад и подстилка имеют низкую пожарную опасность. Опавшая хвоя и уплотненная подстилка в сомкнутых лиственничниках препятствуют развитию травянистой растительности и распространению огня. Кроме того, лиственница является хозяйственно ценной породой, отличается хорошей приживаемостью, у нее высокий темп роста и широкий экологический диапазон произрастания. В то же время необходимо учитывать, что разреженные лиственничники с травяным, лишайниковым и кустарничково-сфагновым напочвенным покровом в отличие от сомкнутых мертвопокровных насаждений обладают повышенной пожарной опасностью и горимостью. Таким образом, комплекс хорошо выраженных пожароустойчивых лесоводственно-пирологических свойств лиственницы позволяет

рекомендовать ее для создания защитных противопожарных полос (ЗПП) различного целевого назначения.

Для быстрого смыкания крон и формирования под пологом сплошного и однородного слоя из опада хвои в защитных полосах необходимо густое размещение посадочного материала. Оптимальное размещение крупномерных (4–5-летних) саженцев лиственницы при посадках следующее: расстояние между рядами – 2,5–3,0 м, в ряду – 0,7–1,0 м. Посадку саженцев осуществляют без подготовки почвы, под меч Колесова. Для лучшей приживаемости и роста саженцев травостой вокруг места их посадки в радиусе до 50 см уничтожается, почва разрыхляется на глубину 5–10 см. Для повышения пожарной устойчивости ЗПП рекомендуется в сформировавшихся полосах проводить обрезку усохших веток на высоте 2 м. Сформированные из лиственницы ЗПП через 10–15 лет становятся надежными преградами распространению лесных пожаров и начинают активно обсеменять прилегающие к ним площади, являясь долговременным и надежным ядром самовосстановления лесов на не покрытых лесом территориях.

В целом же ЗПП, сформированные из загущенных посадок лиственницы, могут не только дополнять широко применяемые минерализованные полосы, но и служить им надежной альтернативой, поскольку обладают существенными лесохозяйственно-пирологическими и экономическими достоинствами: не требуют ежегодного подновления; являются более надежной преградой распространению огня; на протяжении многих лет могут быть эффективными обсеменителями прилегающих к ним вырубков и участков, пройденных огнем; служат объектом рекреации, а также источником высококачественной товарной древесины; помогают более рационально использовать земли лесного фонда, поскольку ЗПП одновременно являются и противопожарными преградами, и лесными культурами; улучшают санитарное и эстетическое состояние лесных участков, прилегающих к поселкам, и других объектов экономики.

ЗПП из лиственницы и других огнестойких древесных пород создаются и эффективно действуют в Японии, Германии и других странах [4]. Они особенно необходимы для России, имеющей огромный лесной фонд, который отличается высокой пожарной опасностью и горимостью.

Среди лиственных пород наиболее выраженными пожароустойчивыми свойствами обладает тополь. Под его пологом вследствие аллелопатических взаимосвязей формируется изреженный травяной покров. Листья в кронах и ее опад имеют повышенное влагосодержание. Она плохо воспламеняется и слабо горит, полностью разлагается в течение одного вегетационного периода. К тому же тополь нетребователен к почвам и отличается высоким темпом роста (средний прирост древесины – более 10 м³/га в год), достигая технической и количественной спелости в 50–60 лет [5]. Четко выраженные защитные пирологические свойства тополя позволяют рекомендовать его для окаймления хвойных лесных культур шириной (в зависимости от площади посадок) 30–50 м, а также для создания защитных пожароустойчивых полос вокруг населенных пунктов и вдоль дорог. Тополь в ЗПП нецелесообразно применять для разделения лесных культур, поскольку, обладая высокой жизненной силой (конкурентоспособностью), он будет угнетать хвойные породы в соседних рядах. При использовании тополей рекомендуются мужские клоны, не дающие пуха. Однако и при использовании женских особей пух не является пожароопасным объектом, поскольку его масса (запас) крайне незначительна и после выпадения осадков до 1 мм теряет воспламеняемость. Оптимальное размещение крупномерных (4–5-летних) саженцев или черенков тополя при посадках следующее: расстояние между рядами – 3,0–4,0 м; в ряду – 1,0–1,5 м. Посадки саженцев (черенков) производят без подготовки почвы, используя меч Колесова. При создании окаймляющих ЗПП рекомендуется использовать следующие виды тополей [6]: тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.); тополь Максимовича (*P. maximowiczii* Henry); тополь душистый (*P. suaveolens* Fish).

При создании полос черенками тополя возникновение проблем маловероятно. В окаймляющих ЗПП из тополя проводится загущенная посадка саженцев, что обеспечивает быстрое смыкание крон и, соответственно, замедляет развитие травяной и кустарниковой растительности. Наряду с высокими пожароустойчивыми свойствами эти деревья прекрасно абсорбируют и расщепляют канцерогенный промышленный растворитель трихлорэтилен, широко применяемый во многих областях, в том числе в медицине и печатном производстве. Тополь способен справиться также с острой проблемой загрязнения воздуха в городах автомобильным транспортом. Кроме того, лабораторные исследования, в ходе которых черенки тополя на неделю помещались в опасный для здоровья людей химический раствор трихлорэтилена, дали поразительный результат: уровень трихлорэтилена в нем снизился на 90%. Но специалисты не остановились на достигнутом и вызвали искусственную мутацию деревьев на генетическом уровне, добившись 100%-й очистки раствора и превратив его в безвредную биомассу. В ходе исследования также установлено, что тополь с измененной генетической структурой способен разрушать и другие загрязнители окружающей среды (хлороформ, бензин, винилхлорид и тетрахлорметан) [7].

В зависимости от целевого назначения ЗПП их рационально дифференцировать по ширине на три категории: широкие (до 50 м), с прокладкой по их середине противопожарной дороги или минерализованной полосы. Такими полосами следует окаймлять хвойные лесные культуры, населенные пункты, объекты экономики, находящиеся в лесу. Вторая категория – средние полосы (до 30 м), создаваемые для разделения хвойных лесных культур, лесосеменных плантаций, а также пожароопасных лесных участков

на блоки; третья – узкие (до 12 м), которые создаются вдоль сельхозугодий, примыкающих к населенным пунктам и лесным участкам, шоссейным и железным дорогам. Такой ширины ЗПП целесообразно использовать для создания полезащитных лесных полос на сельскохозяйственных землях с целью снегозадержания, снижения суховеев и пыльных бурь. Кроме того, полосы этой категории необходимо создавать на крупных необлесившихся вырубках, пустырях и гарях, где без вмешательства человека восстановление леса невозможно из-за задернения почвы, отсутствия источников обсеменения, частых пожаров или может растянуться на многие десятилетия.

С учетом долговременной перспективы целенаправленного формирования насаждений пожароустойчивой структуры чистые сосновые, еловые и кедровые лесные культуры через каждые 100–250 м рекомендуется разделять лиственничными защитными пожароустойчивыми полосами из 3–6 рядов (7,5–15,0 м), разграничивающими культуры на блоки первого порядка. По периметру их требуется окаймлять полосой из тополя шириной (в зависимости от площади посадок) 9,0–15,0 м (3–5 рядов). В крупных массивах культур, а также при защите населенных пунктов и объектов экономики, расположенных в лесу, в середине окаймляющих ЗПП возможна прокладка дороги лесохозяйственного назначения или минерализованной полосы шириной 3–5 м.

Рекомендуемая минимальная ширина защитных разделяющих (7,5–10,0 м) и окаймляющих полос (9,0–12,0 м) и пространственное их размещение по площади обусловлены тем, что при таких параметрах они не только обеспечат резкое снижение интенсивности низовых пожаров (в 2–3 раза), но и будут способны переводить верховые пожары в низовые [8].

Методы и принципы целенаправленного формирования пожароустойчивых насаждений в своей совокупности должны составлять единую систему мероприятий, оптимально отвечающих лесоводственным, экономическим, противопожарным и санитарно-эстетическим требованиям. Их наиболее рационально осуществлять в процессе производства лесных культур, проведения рубок ухода за лесом, применения мер содействия естественному возобновлению, при очистке вырубок, а также регулировании запасов напочвенных горючих материалов путем утилизации на специальных участках.

Предложенные защитные пожароустойчивые полосы (ЗПП) из наиболее огнестойких древесных пород предназначены для создания противопожарных заслонов различного целевого назначения: расчленения лесной территории на блоки, разделения и окаймления по периметру хвойных лесных культур, защиты населенных пунктов, а также ценных пожароопасных объектов экономики, расположенных в лесу. Сформированные загущенными посадками из лиственницы и/или тополя, они могут эффективно использоваться в практике лесного хозяйства при противопожарном устройстве территории лесного фонда. Линейные противопожарные разрывы (минерализованные полосы, противопожарные дороги и др.) в сочетании с ЗПП будут способствовать снижению пожарной опасности в лесах, более надежно ограничивать распространение лесных пожаров и переводить верховые пожары в низовые.

Реализация изложенной системы создания ЗПП в области развития и совершенствования охраны лесов от пожаров будет способствовать снижению пожарной опасности и горимости лесов, что соответствует требованиям подпрограммы «Охрана и защита лесов» Государственной программы Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства на 2013–2020 гг.», утвержденной Постановлением Правительства РФ от 15.04.2014 г. № 318.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шешуков М.А., Пешков В.В., Михель В.А., Савченко А.П.* Рекомендации по формированию насаждений пожароустойчивой структуры при осуществлении различных лесохозяйственных мероприятий. Хабаровск, 1987. 19 с.
2. *Курбатский Н.П., Валендик Э.Н., Матвеев П.М.* Заслоны взамен противопожарных разрывов // Лесн. хоз-во, 1973, № 6. С. 46–48.
3. *Филитов А. В.* Пирологическая характеристика хвои лиственницы сибирской // Лиственница. Красноярск, 1968, т. 3. С. 101–104.
4. *Misbach K.* Moglichkei ten und Grenzen der Vorbengung vor waldbronden durch die Focderung und den aufbau Schwebrenbarer Pflanzenurten. Vfl anzenurten/ Beitragen for der Forstwirachaft, 1971, 3.
5. *Зархина Е.С.* Тополевые леса // Леса Дальнего Востока. М.: Лесная пром-сть, 1969. С. 188–196.
6. *Царев А. П.* Сортоведение тополя. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1986. 152 с.
7. Березники Вечерние. Ричард Меилан: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.beriki.ru/2011/04/11/dostoyanie-bereznikov>.
8. *Калинин К.К., Демаков Ю.П., Иванов А.В.* О пожароустойчивости насаждений // Горение и пожары в лесу. Ч. III. Лесные пожары и их последствия. Красноярск: Изд-е Ин-та леса и древесины СО АН СССР, 1979. С. 70–80.

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ФИТОПАТОГЕНОВ В ЛЕСОПИТОМНИКАХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Е.А. ШИЛКИНА, Т.Ю. РАЗДОРОЖНАЯ, М.А. ШЕЛЛЕР

Центр защиты леса Красноярского края (krasgenles@mail.ru)

THE RESULTS OF THE COMPARATIVE DIAGNOSTICS OF PHYTOPATHOGENS IN FOREST NURSERIES OF KRASNOYARSK TERRITORY

E.A. SHILKINA, T.YU. RAZDOROZHNYAYA, M.A. SHELLER

Krasnoyarsk regional center of forest protection, Krasnoyarsk (krasgenles@mail.ru)

Одним из важных направлений работы «Центра защиты леса Красноярского края» является мониторинг фитозаболеваний растений древесных пород на всех стадиях их жизненного цикла – от семян до взрослых насаждений – с использованием различных методов диагностики. Доминирование микромицетов в образцах микроорганизмов, выделяемых из больных растений, свидетельствует о функциональной значимости грибов в патологическом процессе, что выдвигает на первый план необходимость изучения их видового состава.

В связи с внедрением молекулярно-генетического анализа заболеваний, основанного на изучении ITS1, ITS4 локусов рДНК с последующим секвенированием фрагментов и верификацией полученных данных в базе GenBank NCBI [2, 3], представляло интерес сопоставить полученные результаты с данными традиционного микробиологического (микологического) метода исследования больных растений, проводимого с помощью микроскопирования, индуцирования роста грибов во влажных камерах и на питательных средах (1,5% агар Чапека, рН 7,3; 2% сусло-агар с 7% углеводов по Баллингу, рН 6,5). Удельное обилие рассчитывали как долю (%), которую составляет суммарное обилие таксона от суммарного обилия всех грибов, выявленных за период исследования территорий питомников [1].

Больные растения сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) 1–4-летнего возраста отбирали на территории 7 лесопитомников Красноярского края (табл. 1), не менее 30 образцов в каждой возрастной группе.

Таблица 1. Характеристика мест отбора образцов

№	Наименование питомника	S, га	Лесничество, участковое лесничество	Координаты	Почва
1	Верхнеманский	9,0	Верхнеманское, Вершино-Рыбное	55° 14,716' 94° 20,038'	Серая лесная слабоподзолистая, суглинок тяжелый и глина, рН=3,8-5,0
2	Маганский	2,9	Маганское, Маганское	55° 47'30,3" 93° 11'27,0"	Серая лесная с признаками оглеения, суглинок тяжелый и глина, рН=4,1-5
3	Маклаковский	50,0	Енисейское, Маклаковское	58° 20,894' 92° 22,388'	Дерново-слабоподзолистая, суглинок легкий и средний, рН=4,1-5
4	Решотинский	18,2	Пойменское, Решотинское	56° 09,497' 97° 09,799'	Дерново-подзолистая, суглинок тяжелый, рН=4,6-5,5
5	Тасеевский	24,0	Усольское, Тасеевское	57° 12,574' 94° 55,817'	Темно-серая лесная, суглинок легкий, рН=4,1-5,5
6	Тинский	10,0	Тинское, Тинское	56° 09,528' 96° 52,614'	Дерново-подзолистая, супесь, рН=4,1-5,0
7	Ужурский	11,0	Ужурское, Ужурское	55° 19'03,1" 89° 52'25,4"	Серая лесная, суглинок легкий и средний, рН=5,1-5,5

На основании изученных культуральных и морфологических признаков установили, что фитопатогенный комплекс возбудителей болезней семян хвойных пород в обследованных питомниках представлен, главным образом, грибами родов *Fusarium*, *Alternaria* и *Lophodermium* (чаще *Lophodermium seditiosum* Mint.). Каждый из указанных родов занимает третью часть в сумме всех выделяемых таксонов.

Молекулярно-генетическая диагностика позволила дополнительно выявить присутствие фитопатогенов родов *Phoma*, *Typhula* и *Sydowia*, крайне слабо изученных применительно к патогенной микрофлоре питомников Сибири, а также представителей родов *Lophodermium*, *Cladosporium* и *Rhizoctonia*. Максимальное удельное обилие наблюдалось для грибов родов *Lophodermium* sp. (41%) и *Phoma* sp. (18%). Систематическую принадлежность отдельных микромицетов удалось определить

только на уровне высоких систематических таксонов, для некоторых грибов идентификация была невозможна из-за отсутствия совпадений в генетической базе данных.

При сопоставлении данных классического анализа с результатами генетического метода совпадение результатов отмечено при анализе 5 питомников и только применительно к роду *Lophodermium* (табл. 2). Несовпадение результатов при использовании разных методов отмечал и Ndobe [4].

Таблица 2. Выявленный видовой состав патогенов *Pinus sylvestris* L. в лесных питомниках

Питомник	Возраст сеянцев	Выявленная микрофлора	
		Классические микологические методы	Молекулярно-генетическая диагностика
Верхнеманский	3 года	<i>Lophodermium seditiosum</i>	<i>Lophodermium</i> sp.
	2 года	<i>Lophodermium seditiosum</i>	<i>Lophodermium seditiosum</i>
Маганский	1 год	<i>Fusarium</i> sp., <i>Alternaria</i> sp., <i>Lophodermium seditiosum</i>	<i>Lophodermium seditiosum</i> , <i>Typhula</i> sp.
Маклаковский	4 года	<i>Fusarium</i> sp., <i>Alternaria</i> sp., <i>Lophodermium seditiosum</i>	<i>Lophodermium seditiosum</i>
	3 года	<i>Fusarium</i> sp., <i>Alternaria</i> sp., <i>Lophodermium seditiosum</i>	<i>Phoma</i> sp.
Решотинский	4 года	<i>Lophodermium seditiosum</i>	<i>Lophodermium seditiosum</i> , <i>Typhula</i> sp., <i>Phoma</i> sp.
	3 года	<i>Lophodermium seditiosum</i>	<i>Lophodermium seditiosum</i> , <i>Typhula</i> sp., <i>Rhizoctonia</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp.
Тасеевский	4 года	<i>Fusarium</i> sp., <i>Alternaria</i> sp.	<i>Lophodermium</i> sp., <i>Sydowia polyspora</i>
	2 года	<i>Fusarium</i> sp., <i>Alternaria</i> sp.	<i>Cladosporium herbarum</i>
	1 год	<i>Fusarium</i> sp., <i>Alternaria</i> sp.	<i>Cladosporium</i> sp., <i>Cladosporium herbarum</i> , <i>Rhizoctonia solani</i>
Тинский	4 года	<i>Fusarium</i> sp., <i>Alternaria</i> sp., <i>Phacidium infestans</i>	<i>Phoma</i> sp.
Ужурский	4 года	<i>Fusarium</i> sp., <i>Alternaria</i> sp., <i>Lophodermium seditiosum</i>	<i>Lophodermium seditiosum</i>
	2 года	<i>Fusarium</i> sp., <i>Alternaria</i> sp., <i>Lophodermium seditiosum</i>	<i>Lophodermium</i> sp., <i>Lophodermium seditiosum</i> , <i>Phoma glomerata</i> , <i>Phoma</i> sp.

Полученные данные указывают на необходимость изучения вопроса причинно-следственной связи в анализе патогенеза сеянцев и доработки используемых методик, так как ситуация несовпадения результатов может быть обоснована различными пределами чувствительности методов. Ограниченный перечень фитопатогенов при традиционной диагностике связан с отсутствием специфических сред для каждого конкретного вида возбудителя болезни, низкой эффективностью переноса микромицетов в чистую культуру, потерей исследуемыми культурами стадии спороношения, что делает их непригодными для видовой идентификации. В ходе молекулярной диагностики можно предположить трудности разделения ампликонов с близким молекулярным весом. В связи с вышесказанным, несмотря на достигнутые хорошие результаты видовой идентификации возбудителей болезней в лесных питомниках, используемые методы требуют доработки, расширения статистической выборки, сравнительной оценки получаемых данных. В настоящий момент ни один из методов не служит абсолютно достоверной платформой для идентификации фитопатогенов, поэтому целесообразно их совместное использование.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мухина М.А., Антропова А.Б., Мокеева В.Л., Биланенко Е.Н., Чекунова Л.Н., Желтикова Т.М. Микромицеты пыльцы березы повислой, лещины обыкновенной и ежи сборной // Микология и фитопатология, 2014, т. 48, № 5. С. 299–308.
2. Национальный центр биотехнологической информации США (National Center for Biotechnology Information): [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Genbank/> (дата обращения: 8.04.2016).
3. Падутов В.Е., Баранов О.Ю., Воронаев Е.В. Методы молекулярно-генетического анализа. Минск: Изд-во «Юнипол», 2007. 176 с.
4. Ndobe E. Fungi associated with roots of healthy-looking Scots pines and Norway spruce seedlings grown in nine Swedish forest nurseries. Degree project. Department of Forest Mycology and Plant Pathology. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala, 2012.

ВЫДЕЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ПРИ ЗАГОТОВКЕ ДРЕВЕСИНЫ

Д.А. ШУБИН, С.В. ЗАЛЕСОВ, Е.А. ВЕДЕРНИКОВ, В.Н. ЗАЛЕСОВ, А.Ю. ТОЛСТИКОВ, Д.Э. ЭФА, М.В. УСОВ

Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург (Zalesov@usfeu.ru)

ALLOCATION OF BIODIVERSITY OBJECTS DURING FOREST HARVESTING

D.A. SHUBIN, S.V. ZALESOV, YE.A. VEDERNIKOV, V.N. ZALESOV, A.YU. TOLSTIKOV, D.E. EFA, V.M. USOV

Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg (Zalesov@usfeu.ru)

Общеизвестно, что лес – явление географическое, и научно обоснованные мероприятия по ведению лесного хозяйства в конкретном регионе могут абсолютно не соответствовать условиям другого региона и вместо ожидаемого лесоводственного эффекта дадут отрицательный результат. Последнее в полной мере относится и к выделению ключевых объектов биоразнообразия.

Не вызывает сомнения тот факт, что некоторые участки лесного фонда, даже имея ограниченную площадь, обладают повышенным количеством или плотностью видов биоразнообразия, и антропогенное вмешательство в экосистему, сложившуюся на этих участках (ключевых биотопах), могут привести к снижению биоразнообразия или утрате ценных видов. Последнее относится и к ключевым элементам древостоя, уничтожение или утрата которых приведет к гибели или сокращению конкретных видов животного или растительного мира. Так, в частности, уборка старых толстых деревьев с дуплами на Дальнем Востоке может резко сократить численность гималайских медведей, которые именно в дуплах старых толстых деревьев делают себе берлоги.

Уборка деревьев с дуплами приводит к сокращению количества птиц, гнездящихся в дуплах, а уборка крупного валежа сокращает количество крупных жуков, личинки которых развиваются в древесине стволов буреломных и ветровальных деревьев.

Не случайно в ряде субъектов Российской Федерации разработаны рекомендации по выделению и сохранению ключевых биотопов и ключевых элементов древостоя. Однако настораживает формальный подход к их выделению, который применяется без должной научной проработки и, соответственно, без необходимого научного обоснования, то есть без учета региональной специфики. В частности, совершенно непонятно выделение в качестве ключевых элементов древостоя на лесосеках свежего ветровала и бурелома. Возможно, что в странах с развитым интенсивным ведением лесного хозяйства, где своевременно проводятся рубки ухода и мероприятия по ликвидации внелесосечной захламленности, сохранение свежего крупномерного бурелома и ветровала актуально для сохранения биоразнообразия. Однако на территории Российской Федерации в настоящее время имеют место сотни тысяч гектаров горельников, сухостойных и ветровальных гарей, участков снеголома, ветровала и бурелома и, наконец, просто внелесосечной захламленности, что исключает сокращение численности дереворазрушающих насекомых по причине отсутствия их кормовой базы. Последнее свидетельствует, что в качестве ключевых элементов древостоя целесообразно оставлять на лесосеках не весь валеж, а лишь валеж, находящийся на II и ниже стадиях деструкции [1]. Древесина данного валежа не представляет технической ценности, но при этом служит основой для формирования хвойного подроста предварительной, сопутствующей или последующей генераций, особенно в сырых и мокрых типах леса.

Оставление же свежего ветровала и бурелома уменьшит запас заготавливаемой древесины с единицы площади, затруднит подготовку почвы при искусственном лесовосстановлении и увеличит пожарную опасность. Другими словами, выделение крупномерного валежа в качестве ключевого элемента древостоя следует проводить на зонально- или подзонально-типологической основе с учетом стадии деструкции.

Указанное относится и к выделению других ключевых биотопов и ключевых элементов древостоя. В частности, следует утвердить защитную зону вокруг деревьев с гнездами птиц, положив в основу градации радиуса защитной зоны вид птиц, чье гнездо подлежит охране.

Особо следует отметить региональную специфику охраны краснокнижных видов. Не подвергая сомнению необходимость охраны видов, занесенных в Красную книгу региона и РФ, отмечаем, что действующее на сегодняшний день требование по их сохранению практически невыполнимо, поскольку не разработан механизм выделения охранных зон вокруг данных видов. Кроме того, непонятно, каким образом оператор валочной машины, самостоятельно выполняющий отбор деревьев в рубку при зимней заготовке древесины, может сохранить первоцветы, которые в большинстве районов РФ занесены в Красные книги. Особо следует отметить, что отвод лесосек в соответствии с действующими нормативными документами производится арендаторами, и декларативное упоминание в лесохозяйственном регламенте лесничества необходимости сохранения видов, занесенных в Красную книгу, положительного результата не обеспечит.

Большинство рабочих и инженерно-технических работников, не говоря уже об операторах валочных машин и вальщиках, просто не знают краснокнижных видов. Кроме того, как отмечалось ранее, многие краснокнижные виды растений и грибов визуально могут быть зафиксированы только в очень короткий период времени. Следовательно, при наличии на территории конкретного лесничества краснокнижных видов должно быть проведено специальное обследование с уточнением участков, где конкретные виды находятся, а затем данные участки подлежат выделению и установлению специального режима ведения лесного хозяйства на их территории по аналогу особо защитных участков.

Особого внимания и дополнительных исследований требует установление режима проведения лесоводственных мероприятий на территории особо защитных участков, а также в защитных лесах различного целевого назначения. Естественно, что есть виды животных, которые не выносят факторов беспокойства, и проведение любых видов лесохозяйственных работ на территории данных участков крайне нежелательно. В ряде случаев фактор беспокойства должен быть исключен на какой-то определенный период времени, в частности, на период насиживания яиц. Но нередко под видом охраны биоразнообразия участки леса полностью исключаются из хозяйственного использования. Главным аргументом превращения особо защитных участков и защитных лесов в «заповедники» являются опасения недобросовестности лесопользователей и уничтожения лесной экосистемы из-за низкой квалификации тех, кто проводит работы. Нам известны многочисленные случаи, когда под видом выборочных санитарных рубок проводились подневольно-выборочные или приисковые рубки. Широко известны и случаи варварского выполнения работ в защитных лесах. Однако они свидетельствуют лишь о слабом контроле со стороны работников лесного хозяйства за действиями арендаторов лесного фонда и требуют подключения правоохранительных органов. В целом же запрещение рубок приносит огромный как экологический, так и экономический вред. На участках, представляющих наибольшую экологическую ценность, происходит накопление напочвенных горючих материалов, ухудшение санитарного состояния, старение древостоев. В конечном счете все перечисленное имеет катастрофические последствия. Примеров, когда лесные пожары уничтожали древостой с накопившимися напочвенными горючими материалами, множество [2, 3].

Не следует забывать, что максимальным биоразнообразием характеризуются не монокультуры какой-то древесной породы одного возраста, а мозаичные смешанные насаждения.

Последние, естественно, будут и более устойчивы к негативным природным и антропогенным факторам. Особо следует отметить, что своевременное проведение выборочных санитарных рубок, уборки захламленности, рубок ухода не только повысит устойчивость и эстетическую привлекательность насаждений, но и обеспечит сырьем котельные в населенных пунктах, то есть даст реальный шанс развитию «зеленой» экономики без вреда для природы.

На наш взгляд, требуют пересмотра и правила заготовки древесины. В них необходимо добавить хорошо зарекомендовавшие себя каймовые и другие авторские рубки, позволяющие не только заготавливать древесину, но и обеспечивать реальное сохранение биоразнообразия.

Выводы. 1. Интенсификация использования лесов вызывает необходимость разработки для всех субъектов РФ методических рекомендаций по сохранению биоразнообразия при заготовке древесины.

2. Выделение ключевых биотопов и ключевых элементов древостоя должно учитывать региональную специфику.

3. Арендаторы лесного фонда, занимающиеся заготовкой древесины, должны пройти специальное обучение по выделению ключевых биотопов, ключевых элементов древостоя, видов, занесенных в Красную книгу региона и РФ.

4. Из правил заготовки древесины следует исключить сплошнолесосечные рубки с шириной лесосеки более 250 м.

5. Для защитных лесов должны быть разработаны специальные правила рубок с учетом их конкретного целевого назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Залесов С.В. Рекомендации по очистке мест рубок в лесах Пермского края / С.В. Залесов, Л.А. Белов, Е.А. Ведерников, В.Н. Залесов, Е.С. Залесова, А.С. Оплетаев, А.С. Попов. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016. 17 с.
2. Vankat John L. Fire and man Sequoia National Park // Ann Assoc. Amer.Geogr., 1977, 67, № 7. Pp. 17–27.
3. Залесов С.В. Лесная пирология: учеб. пособие. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад., 1998. 296 с.

РОСТ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР *P. SYLVESTRIS* НА ВЫРАБОТАННОМ ТОРФЯНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ В БЕЛАРУСИ

А.П. ЯКОВЛЕВ, П.Н. БЕЛЫЙ, Е.А. СИДОРОВИЧ

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск (A.Yakovlev@cbg.org.by)

THE *P. SYLVESTRIS* FOREST CULTURES GROWTH ON DRAWN PEAT LANDS IN BELARUS

A.P. YAKOVLEV, P.N. BELYI, YE.A. SIDOROVICH

Central Botanical Garden of NAS of Belarus, Minsk (A.Yakovlev@cbg.org.by)

В результате работ по добыче полезных ископаемых нарушаются значительные лесные площади. Подобное происходит и при разработке торфяников, которая имеет место во многих странах. Образующиеся при этом полигоны характеризуются полным или частичным отсутствием растительности, нарушением почвенного покрова, переуплотнением рельефа, абсолютным изменением топографии местности. В итоге снижаются продуктивность лесных земель и потенциальная отдача лесфонда в общей экономике. Преодоление негативной перспективы уменьшения покрытых лесом площадей возможно путем искусственного или естественного лесовосстановления, широкого применения системы методов рекультивации на нарушенных землях. В этой связи на техногенных участках торфяного месторождения верхового типа «Черное» (55° 11' 32" с. ш., 27° 53' 08" в. д.) проведена сравнительная оценка эффективности работ по созданию лесных культур на землях, нарушенных добычей торфа фрезерным способом. Давность выработки – более 25 лет.

Участки, заключенные между валовыми каналами, располагались через 400–500 м. Фрезерное поле торфяной залежи внутри было рассечено регулирующей сетью каналов на прямоугольные участки (карты) шириной 20–25 м. Картовые каналы были выведены в валовые, которые, в свою очередь, – в нагорные, а нагорные – в водоприемник (реку). По завершении торфодобычи на отработанных полях происходило естественное залужение – зарастание травой, задернение. К моменту обследования осушительная сеть находилась в удовлетворительном состоянии, и несмотря на то, что отдельные каналы запылились, в некоторых местах были разрушены или завалены, уровень грунтовых вод на протяжении сезона вегетации сохранялся на глубине от 30 см до 1,0 м. Мощность остаточного слоя торфяной залежи составляла от 0,2 до 0,75 см. Агрохимическая характеристика его свидетельствовала о среднекислой реакции среды ($pH_{обм}$ в диапазоне 3,4–3,9) и крайне низкой обеспеченности подвижными формами питательных элементов: минерального азота ($N-NH_3$ и $N-NO_3$) – 280,1 мг/кг, фосфора в пересчете на P_2O_5 – 58,2 и калия в пересчете на K_2O – 97,2 мг/кг почвы.

Лесные культуры сосны обыкновенной созданы густотой 6,67 тыс. шт./га по схеме 0,5 × 3,0 м. Обработка почвы проведена плугом ПЛ-1, посадка – саженцами 3 лет вручную (под меч Колесова) с последующими агротехническими уходами за культурами путем их окашивания от сорной растительности. Проведенная в 2015 г. инвентаризация показала сохранность посадок на 85%. На участке был отмечен неравномерный отпад (гибель) культур, требующий их дополнения. К моменту последнего пересчета насаждения достигли 20-летнего биологического возраста. Для сравнения был подобран участок лесных культур, заложенных в аналогичном временном интервале на минеральной дерново-подзолистой почве.

На основании сплошного пересчета культур сосны обыкновенной на ПП выявлено значительное расхождение между числом посадочных мест на единицу площади по документальным данным экспериментальной базы и имеющимися фактически. При переводе фактически имеющихся культур на 1 га (живые и ослабленные вместе) густота на момент пересчета составила 4,5 тыс. шт., то есть проектная густота, по отчетным данным предприятия, превышает фактическую почти в 1,5 раза. Места, где образовались окна после выпадения сосны, заняла береза бородавчатая. За счет этого формула древостоя оказалась 9С1Б.

Средняя высота *P. sylvestris* составила 9,0 м при диаметре в 13,4 см (табл. 1). Полученные результаты характеризуют удовлетворительный рост культур. Об этом свидетельствует I бонитет. Но вместе с тем расчетный запас древесины сосны обыкновенной в возрасте 20 лет составил всего 80,0 м³/га. Нами также был рассчитан индекс состояния, или жизнестойкости, лесных культур, величина которого составила 2,8, что соответствует оценке «сильно ослабленное».

Необходимость обследования и изучения естественного возобновления на площадях, вышедших из-под торфоразработок, возникла из соображений возможности оставления данных участков на самозарастание. Естественное обсеменение обследуемых участков происходит от стен леса. При оставлении отработанных полигонов на самозарастание в составе формирующегося насаждения доминировать будут лиственные породы, поскольку возобновление хвойных при переводе данных сплошного пересчета на 1 га

варьировало в тыс. шт. по ели от 0,25 до 0,75, по сосне – 0,5, по лиственным – от 3,5 до 5,5 (береза) и от 1,25 до 1,75 (ива).

Таблица 1. Таксационная характеристика культур сосны обыкновенной на участке выработанного торфяного месторождения

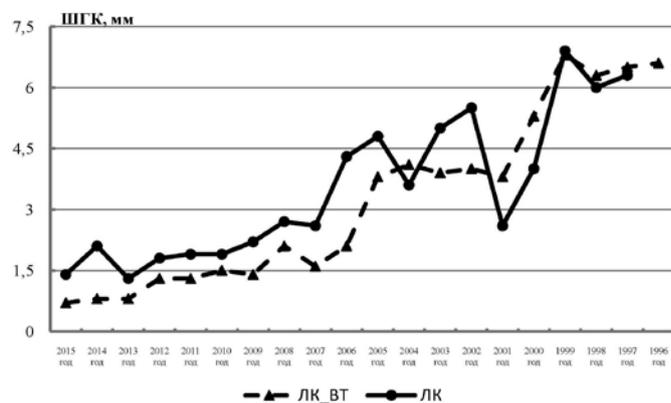
Тип леса	Состав	Возраст, лет	Бонитет	Полнота	Средние		Сумма площадей сечений, м ²	Запас по породам, м ³ /га
					Д, см	Н, м		
Сосняк мшистый (ВТ)	9С	20	I	0,7	13,4	9,0	27,5	80,0
	1Б	15		0,2	12,0	8,5	3,3	20,0
Сосняк мшистый	10С	19	I ^a	0,8	14,2	11,0	–	130,0

Результирующим показателем успешности произрастания насаждений вообще и в условиях нарушенных экосистем в частности является годичный прирост. Анализ изменения текущего радиального прироста сосновых насаждений и их индексов за последние 20 лет показал, что в условиях, когда рост и продуктивность в значительной степени определяются влиянием антропогенной нагрузки, текущий радиальный прирост имеет резкие колебания в зависимости от интенсивности воздействия побочных факторов (табл. 2).

Таблица 2. Динамика текущего радиального прироста лесных культур на участке выработанного торфяного месторождения (стационар «Черное»), мм

Тип леса	Периоды наблюдений, лет			
	5	10	15	20
Сосняк мшистый (ВТ)	5,0	4,3	2,7	1,7

В результате проведенных исследований было установлено, что прирост в сосновом древостое отличался выразительной стабильностью на протяжении большей части анализируемого периода (рис.). Наибольшим уровнем снижения прироста характеризовались деревья в последние годы: ширина годичного кольца уменьшилась почти в 5 раз (с 6,5 до 1,3 мм). При этом необходимо отметить, что для большинства деревьев сосны характерна одинаковая ритмичность колебаний текущего радиального прироста, составляющая 7 лет.



—▲— ЛК_ВТ —●— ЛК
сосны обыкновенной на выработанном торфяном месторождении (ЛК_ВТ) и минеральной почве (ЛК)

Сравнительный анализ величины годичного прироста лесных культур на выработанном торфянике и минеральной почве показал незначительное отставание роста сосны во втором случае только в первые 5 лет. В дальнейшем хотя и наблюдалось снижение величины изучаемого показателя, оно носило более планомерный характер и на 25–35% превышало его у лесных культур, выращиваемых на торфянике.

Текущий радиальный прирост имеет резкие колебания в зависимости от интенсивности воздействия побочных факторов, количественной величиной которого является индекс текущего прироста. Рассчитанный нами показатель для деревьев сосны отличался схожим уровнем варибельности признака за весь анализируемый период, и его величина составила от 53 до 130%.

Таким образом, создание лесных культур на площадях выработанных торфяных месторождений, рассматриваемое как одно из основных направлений рационального использования нарушенных земель, на наш взгляд, не совсем отвечает данным критериям. Лесная рекультивация выработанных торфяников на основе создания лесных культур хотя и способствует со временем оптимизации техногенного ландшафта и получению в перспективе древесины, из-за высоких затрат на рекультивацию при длительном сроке окупаемости капитальных вложений в условиях рыночной экономики, к сожалению, не позволяет достигнуть желаемого эффекта.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**Интенсификация лесного хозяйства России:
проблемы и инновационные пути решения**

Материалы Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием
Красноярск, 19-23 сентября 2016 г.

Редакционная коллегия: Ю.Н. Баранчиков, П.А. Цветков,
И.Н. Павлов, В.А. Соколов, А.С. Шишкин

Логотип, обложка: Д.Ю. Баранчиков

Верстка: И.А. Михайлова

Технический редактор: Т.И. Алешина

Конференция посвящена итогам исследований по интенсификации лесного хозяйства в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов. Публикуемые материалы будут способствовать формированию перспективных направлений приоритетных научных исследований, выработке экономически обоснованного подхода к многоцелевому, комплексному и неистощительному ведению лесного хозяйства в Российской Федерации.

Сборник представляет интерес не только для научного сообщества, но и для практиков лесного хозяйства, руководителей региональных и федеральных органов управления лесным хозяйством страны.

Всероссийская научно-практическая
конференция с международным
участием

Красноярск
19-23 сентября 2016 г.

Интенсификация
лесного хозяйства России:
проблемы и инновационные пути решения