



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

Думать. Расти. Достигать.

ИННОВАЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Материалы Всероссийской научно-
практической конференции, посвященной
95-летию Санкт-Петербургского научно-
исследовательского института
лесного хозяйства

95 
лет
в лесной
науке



Федеральное бюджетное учреждение
«Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства»

ИННОВАЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

**Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 95-летию
Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства,
16–17 мая 2024 года, Санкт-Петербург, ФБУ «СПбНИИЛХ»**

**Санкт-Петербург
2024**

Инновации и технологии в лесном хозяйстве : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 95-летию Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства, 16–17 мая 2024 года, Санкт-Петербург, ФБУ «СПбНИИЛХ» / ФБУ «СПбНИИЛХ». – СПб. : СПбНИИЛХ, 2024. – 384 с. – URL: <https://spb-niilh.ru/conference-proceedings>

В сборнике представлены материалы Всероссийской научно-практической конференции «Инновации и технологии в лесном хозяйстве», которая была проведена 16–17 мая 2024 года на базе ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства».

Статьи, доклады и тезисы докладов, представленные авторами на данном мероприятии, актуальны для специалистов федеральных и региональных органов исполнительной власти, уполномоченных в области лесных отношений, государственных бюджетных и автономных учреждений лесного хозяйства, предприятий и организаций лесного бизнеса, представителей отраслевых научно-исследовательских институтов, высших и средних профессиональных учебных заведений, осуществляющих подготовку кадров для лесного комплекса и иных юридических и физических лиц.

Тексты научных статей, докладов и тезисов изложены в авторской редакции.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Ананьев В.А., Тесля Д.В., Мошников С.А., Пеккоев А.Н., Синькевич С.М., Ромашкин И.В.</i> Результаты исследований выборочных рубок в среднетаежных сосняках Карелии	6
<i>Бедрицкая Т.В., Копылова Г.А., Шехирина М.С.</i> Генетическое разнообразие ели европейской в естественных популяциях	9
<i>Безрукова Т.Л., Кувшинова О.В., Кретинин А.А.</i> Развитие и внедрение цифровых технологий при мониторинге лесных экосистем и разработке лесоклиматических проектов	14
<i>Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Маякова А.А., Вышегородцев А.В.</i> Изменчивость и взаимозависимость содержания крахмала в тканях побегов магонии падуболистной в условиях Нижегородской области	21
<i>Бойцов А.К., Жигунов А.В., Зимирева В.С.</i> Состояние клонов триплоидной осины на лесной плантации в Ленинградской области	29
<i>Бондаренко А.С.</i> Моделирование рубок ухода различной интенсивности в испытательных культурах основных лесобразующих пород	35
<i>Бруева Ж.А., Феклистов П.А., Верховцева Е.П.</i> Сравнительная оценка метеофакторов под пологом сосновых древостоев в северной тайге	42
<i>Волокитина А.В., Софронова Т.М., Софронова А.В.</i> Почвенно-торфяные пожары в южно-таёжных заболоченных лесах Сибири	46
<i>Голубев Д.А., Колобанов К.А., Гула К.Е., Каюмов Н.А.</i> Анализ роста лесных культур в Читинском лесничестве Забайкальского края	52
<i>Грек В.С., Романова Н.В., Гусева О.В.</i> Научное обоснование и методика исследований пространственного строения древостоев на лесных объектах постоянного наблюдения в лесах Дальнего Востока	58
<i>Грибачева О.В., Мозговой А.В.</i> Оценка естественного возобновления основных лесобразующих пород в Луганской Народной Республике	68
<i>Гусева О.Ю.</i> Индукция соматического эмбриогенеза дуба черешчатого (<i>Quercus robur</i> L.)	75
<i>Давыдов А.В., Богданов А.П., Третьяков С.В., Цветков И.В., Парамонов А.А., Карабан А.А.</i> Проверка экспресс-метода определения качества древесины в наиболее продуктивных переувлажненных сосняках на южном и северном пределах северной тайги Архангельской области	80
<i>Данилов Д.А., Раупова Д.Э.</i> Продуктивность смешанных культур сосны и ели в Ленинградской области	92
<i>Демидова Н.А., Васильева Н.Н., Дуркина Т.М.</i> Древесно-кустарниковые экзоты и перспективы их использования в лесном хозяйстве Европейского Севера России ...	96
<i>Демина Н.А., Васильева Н.Н., Дуркина Т.М., Тюкавина О.Н.</i> Оценка эффективности протравителей семян ели в сочетании с адаптогенами	100
<i>Дружинин Ф.Н., Аверина В.В.</i> Методические подходы по экологическому мониторингу лесных участков с выполненными мерами по сохранению ключевых биотопов	106
<i>Егоров А.Б., Бубнов А.А., Постников А.М., Павлюченкова Л.Н.</i> Эффективный метод ухода за березой на сплошных вырубках и в культурах	113
<i>Желдак В.И., Дорощенко Э.В., Сычева А.Н.</i> Системное решение лесоводственных вопросов интенсификации лесопользования-лесовоспроизводства	118
<i>Зленко Л.В.</i> Санитарные рубки лесных насаждений	130
<i>Калько Г.В.</i> Свет и молекулярные основы локальной адаптации сосны и ели	139
<i>Капиталинин Д.Ю.</i> Проблемы оценки качества лесотаксационной информации при осуществлении контроля лесоустроительных работ	145
<i>Каржаев Д.С., Нестерчук В.В., Сафронычева Е.Д., Волков В.А., Шабунин Д.А.,</i>	

Потокина Е.К. Стерильность осины, индуцированная нокаутом гена цветения LEAFY.....	151
Козлова Е.А. Повышение эффективности использования трудового потенциала лесной отрасли как фактор её устойчивого развития	153
Коларж В.В., Карамышев В.А. Особенности реализации климатических проектов в лесах	158
Коларж В.В., Карамышев В.А. Экономические аспекты применения доходного подхода к оценке лесных ресурсов	163
Колесникова Т.Г., Наумова Т.М., Смоленникова Л.В. Оценка эффективности управления человеческими ресурсами в лесном хозяйстве: методический концепт	169
Коптев С.В., Ярославцев С.В. Ресурсы маломерной древесины в притундровых ельниках	172
Корчагов С.А., Конюшатов О.А., Беляков Д.В. Лесоводственно-экономическая оценка мер по сохранению ключевых биотопов на сплошных вырубках в Вологодской области.....	176
Кузнецов Д.К., Оробинский В.А. Организационно-экономический механизм реализации лесоклиматических проектов по воспроизводству природного капитала лесов	183
Лобанов А.И., Иванов О.А., Кравцова Л.П. Агролесомелиорация и защитное лесоразведение на юге Средней Сибири: краткие итоги исследований	191
Лямцев Н.И., Сидоренков В.М., Ачиколова Ю.С. Изменение климата и массовые размножения короеда-типографа в Московском регионе	198
Матвеева А.Г. О ягодной продуктивности лесов Хабаровского края	205
Михайлов К.Л. Система показателей эффективности лесохозяйственных мероприятий.....	210
Морковина С.С., Шашкин А.П. Карбоновые полигоны в лесных экосистемах: опыт и направления исследований	214
Мураев И.Г. Проблемы сбалансированного развития лесного комплекса Российской Федерации	220
Мураев И.Г. Региональный лесной план как инструмент развития лесного сектора ...	224
Наумова Т.М., Колесникова Т.Г., Смоленникова Л.В. Механизмы стимулирования инвестиций в лесной отрасли	231
Недбаев И.С., Семёнова Е.И., Сорока А.О. Определение пороговых значений показателей риска увеличения количества лесных пожаров в контексте изменения климата	234
Неронова Я.А., Пеккоев А.Н., Придача В.Б. Особенности роста и формирования ксилемы побегов сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.) в 30-летних опытно-производственных культурах, созданных при лесной рекультивации песчано-гравийного карьера	238
Панкратова Н.Н. Пространственное размещение зон интенсивности использования и воспроизводства лесов в границах Дальневосточного федерального округа	243
Пастухова А.М., Братилова Н.П. Использование селекционно-генетического подхода при выращивании культур высокой депонирующей способности	249
Полякова Г.Г., Сенашова В.А., Пашенова Н.В., Антонов Г.И., Пашкеева О.Э., Баглаев А.Ю., Гродницкая И.Д. Улучшение качества лесопосадочного материала в лесопитомнике с помощью предпосевной обработки семян сосны обыкновенной биопрепаратом	254
Постников А.М., Егоров А.Б., Бубнов А.А., Павлюченкова Л.Н. Оценка биологической эффективности действия низких доз гербицидов и их смесей при проведении инъекций в стволы деревьев ольхи серой	260
Потапенко А.М., Толкачева Н.В., Козлов А.К., Серенкова В.А. Оценка гидрологических показателей на радиологических стационарах в сосновых, дубовых	

и березовых насаждениях дальней зоны чернобыльских выпадений	265
Ржевский С.Г., Шабанова Е.А., Потапов М.А. Анализ компонентного состава экстрактов клена остролистного, мелколистного и белого	270
Романюк Б.Д., Шинкевич С.В., Лебедева Я.В., Мосягина Е.В. Применение новых подходов к товаризации древостоев для улучшения экономической оценки лесов в интенсивной модели ведения лесного хозяйства	273
Сабиров А.М., Хазыров Э.Н., Николаев А.Ю., Охезина К.А. Изучение условий озеленения и ландшафтного обустройства улицы Серова в г. Казани	283
Сафронычева Е.Д., Каржаев Д.С., Волков В.А., Губаев Р.Ф., Ветчинникова Л.В., Жигунов А.В., Потоккина Е.К. Разработка молекулярного маркера для выявления «узорчатой» древесины на ранних этапах роста березы карельской (<i>Betula pendula</i> var. <i>carelica</i>)	287
Сергеева Т.В. Производственная оценка влияния количественных характеристик состава древостоя на элементы времени цикла работы харвестера	289
Сингатуллин И.К., Петрова Г.А., Ятманова Н.М. Поражение корневой губкой лесных культур сосны в Национальном парке «Нижняя Кама»	294
Синькевич С.М., Голубев В.Е. О направлениях реализации климатической политики в лесном хозяйстве Южной Карелии	301
Смоленникова Л.В., Наумова Т.М., Колесникова Т.Г. Концептуальные подходы к построению мониторинга эффективности государственного управления лесами	305
Соколов В.А., Втюрина О.П., Злобин А.А., Москвич О.Ю. Переход к адаптивному лесоуправлению в Сибири	312
Сорока А.О., Недбаев И.С., Семёнова Е.И. Определение показателей оценки риска увеличения частоты вспышек массового размножения вредных организмов в лесах, вызванных климатическими изменениями	318
Сорокин С.Н. Технологии лесовосстановления и лесоразведения: вчера и сегодня	322
Сушко О.П. Согласованность внутренних, экспортных и мировых цен лесопродукции	336
Табацкая Т.М., Внукова Н.И. Ростовые и физиолого-биохимические реакции березы на воздействие Ni в условиях <i>in vitro</i>	341
Тис М.В., Павлов Н.А. Исследование взаимодействия генотип–среда в лесных культурах ели европейской с использованием регрессионного анализа	348
Усеня В.В., Старожишина К.М., Помаз Г.М. Влияние вида посадочного материала на рост лесных культур основных лесобразующих пород в лесорастительных и экологических условиях Беларуси	350
Усманов С.Б., Мухаметшина А.Р., Тазмеев Н.М., Мусин Х.Г., Сибгатуллина Р.Р. Влияние различных препаратов на рост и развитие семян лиственницы сибирской.....	356
Харук В.И., Буряк Л.В., Двинская М.Л., Петров И.А., Швецов Е.Г. Пожары в лиственничниках криолитозоны: мониторинг и стратегия борьбы в условиях возрастающей горимости	361
Чеботарева В.В., Стороженко В.Г., Чеботарев П.А. Система интенсивного воспроизводства дубовых лесов в условиях лесостепи	367
Шилкина Е.А., Ибе А.А. Использование генетических методов в практике лесного хозяйства Красноярского края	374
Шурыгин С.Г., Шурыгина М.С. Выращивание сосновых древостоев на осушенных болотах	377
Якимов М.В., Якимова В.Ю., Носков А.А. Оценка естественного возобновления ели на сплошных вырубках лесов в Ярском лесничестве Удмуртской Республики	381

DOI 10.21178/160524.6

УДК 630*223+630*562.2

Результаты исследований выборочных рубок в среднетаежных сосняках Карелии

© В.А. Ананьев*, Д.В. Тесля, С.А. Мошников, А.Н. Пеккоев, С.М. Синькевич,
И.В. Ромашкин

Институт леса – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, 185910, Россия

Исследована динамика основных таксационных показателей среднетаежных спелых сосновых насаждений после проведения выборочных рубок различной интенсивности. Рубка оказала положительное влияние на рост древостоя, что способствовало увеличению текущего годовичного прироста по запасу, который за 25-летний период наблюдений был в 3 раза больше, чем на контроле. Установлено, что по истечении 30-35 лет после проведения рубок наблюдается восстановление дорубочного запаса.

The dynamics of main taxation indicators pine forest stands in the middle taiga after selective felling of varying intensity was studied. Selective felling had a positive effect on remaining trees growth. This contributed to an increase in growth, which was 3 times greater than in the control trial area. It has been established that restoration of the harvested stock after logging is observed after 30-35 years.

Защитные леса занимают 31,9 % общей площади лесного фонда Карелии. Запас спелых и перестойных древостоев равен 202,7 млн м³, из которых 87 % занимают хвойные. В составе защитных лесов во всех возрастных группах доминируют сосняки, занимающие 1.6 млн га или 60% лесопокрытой площади; ельники занимают 0,7 млн га (25 %), а мягколиственные произрастают на 0,4 млн га. Наиболее представлены спелые и перестойные насаждения (44,1 %). Разрешенными видами пользования в защитных лесах являются выборочные и постепенные рубки, а также рубки ухода. Данные виды рубок позволяют реализовывать сырьевую функцию лесов, не нарушая их средообразующих функций, что особенно важно в условиях глобальных климатических изменений. В защитных лесах необходима ориентация на формирование разновозрастных смешанных насаждений путем соблюдения лесоводственных принципов при проведении рубок ухода и выборочных рубок.

В 1996 году в защитных лесах Кондопожского центрального лесничества (Республика Карелия) были проведены выборочные рубки различной интенсивности (40–60 % по запасу). Применялся сортиментный способ заготовки древесины, который заключался в следующем: валка деревьев, обрубка сучьев и раскряжевка на сортименты бензопилами. Механизированный сбор и трелевка сортиментов производилась с помощью форвардера. Общая площадь опытно-производственной рубки составила 32 га. Для изучения лесоводственной эффективности выборочных рубок сотрудниками Института леса КарНЦ РАН заложено 8 постоянных пробных площадей: 4 – с рубками различной интенсивности и 4 – контрольных).

Рассмотрим результаты выборочной рубки в спелом высокополнотном разновозрастном сосновом насаждении черничного типа леса II класса бонитета (табл. 1).

Рубка проведена интенсивностью 40 % по запасу и 46 % по числу стволов. Из древостоя выбиралась спелая и перестойная сосна, береза и осина. После рубки в составе древостоя увеличилась доля хвойных пород.

Таблица 1

Динамика таксационных показателей в спелом сосновом древостое после выборочной рубки

Период исследований	Состав	М, м ³ /га	N, шт./га	Полнота	Отпад		Текущий прирост, м ³ /га
					шт./га	м ³ /га	
1996 г. (до рубки)	3C ₁₁₀ 1C ₇₀ 1E ₅₀ 2Б ₉₀ 3Ос ₉₀	365	723	0,95	-	-	
Вырублено 46 % по N, 40 % по М		144	333				
1996 г. (после рубки)	3C ₁₁₀ 2C ₇₀ 2E ₅₀ 2Б ₉₀ 1Ос ₉₀	221	390	0,52	-	-	-
2017 г.	3C ₁₃₀ 1C ₉₀ 2E ₇₀ 2Б ₁₁₀ 2Ос ₁₁₀	302	366	0,66	24	8,1	4,1
2022 г.	3C ₁₃₀ 1C ₉₀ 2E ₇₀ 2Б ₁₁₀ 2Ос ₁₁₀	326	388	0,75	8	6,2	4,8
Контроль							
1996 г.	4C ₁₁₀ 4Б ₉₀ 2Ос ₉₀	383	600	0,95	-	-	-
2022 г.	4C ₁₃₀ 4Б ₁₁₀ 1E ₇₀ 1Ос ₁₁₀	413	490	1,00	110	44,8	1,2

Примечание. М – запас древесины; N – количество деревьев

В результате улучшения условий роста у оставшихся деревьев наблюдался более высокий прирост диаметру, что способствовало увеличению среднепериодического текущего прироста по запасу древостоя, который в первые два десятилетия составлял 4,1 м³/га. В последующие пятилетие (2017-2022 гг.) эта величина достигала 4,8 м³/га, что значительно превысило показатель на контрольном участке (1,2 м³/га). Основываясь на результатах динамики текущего прироста можно прогнозировать полное восстановление дорубочного запаса через 30–35 лет. Кроме того, следует отметить увеличение в древостое доли молодой ели за счет пополнения подростом, достигшим пересчетных размеров (с диаметром 6,1 см). Несмотря на довольно высокую интенсивность изреживания насаждение сохраняет хорошую устойчивость. Отпад на разреженных участках через 25 лет после рубки составил 14,3 м³/га, что в три раза меньше, чем на контроле (44,8 м³/га).

Рубка оказала положительное влияние на процесс естественного возобновления. Количество подростка на пасажах составляло 1,2 тыс. шт./га, состав: 5Е5Сед.Б; средняя высота – 0,6 м. На волоках густота подростка была равна 1,0 тыс. шт./га, состав: 7Е2С1Б, средняя высота – 0,7–1,5 метра. На контрольном участке в незначительном количестве (50 шт./га) присутствовал подрост ели, его высота колебалась от 1 до 1,5 м.

Таким образом, установлено, что спелые среднетаежные сосняки после проведения выборочных рубок сохраняют устойчивость даже при интенсивном изреживании. Годичный текущий прирост в разреженном древостое в три раза выше, чем на контроле. Установлены основные элементы выборочной формы хозяйства в спелых среднетаежных разновозрастных сосняках Карелии: интенсивность рубки – 40 % по запасу; оборот хозяйства – 30–35 лет.

Исследования выполнены в рамках государственного задания Института леса КарНЦ РАН.

*E-mail автора для переписки: ananyev@krc.karelia.ru

DOI 10.21178/160524.9

УДК 630.181

Генетическое разнообразие ели европейской в естественных популяциях

© Т.В. Бедрицкая*, Г.А. Копылова, М.С. Шехирина

Филиал ФБУ «Рослесозащита» – «ЦЗЛ Архангельской области»,
ул. лет. Никитова, д. 13, г. Архангельск, 163062, Россия

Проведен анализ 14 популяций *Picea abies* (L.) Karst. по 11 микросателлитным локусам. Были определены следующие показатели: частота встречаемости аллелей, среднее число аллелей на локус, доля полиморфных локусов, наблюдаемая и ожидаемая гетерозиготность, коэффициент инбридинга. Сделан вывод о степени внутривидового генетического разнообразия. Отмечено преобладание гомозиготных особей. Введение генетических технологий в практику лесного хозяйства позволит повысить эффективность государственного лесного контроля.

An analysis of 14 populations of *Picea abies* (L.) Karst has been carried out in 11 microsatellite loci. The following indicators have been obtained: allele frequency, average number of alleles per locus, proportion of polymorphic loci, observed and expected heterozygosity, inbreeding coefficient. A conclusion about the degree of intraspecific genetic diversity has been made. A preponderance of homozygous organisms has been noted. The implementation of genetic technologies into forestry practice will increase the efficiency of state forest control.

Хвойные леса составляют основу бореальных экосистем и оказывают локальное и глобальное влияние на климат, играют ведущую роль в круговороте углерода, а также имеют колоссальное экономическое значение. Негативное влияние различных факторов на природные популяции влечет за собой сокращение биоразнообразия лесов [2]. Сохранение российских бореальных лесов – важная стратегическая задача ученых и практиков.

ДНК-анализ позволяет решать задачи, связанные с изучением разнообразия популяций, обменом генетическим материалом. Постоянный мониторинг лесных сообществ путем оценки их генетической изменчивости дает возможность сохранить высокую степень полиморфизма в естественных популяциях и стабильность лесных экосистем.

Цель исследования – оценить параметры генетического разнообразия ели европейской в естественных популяциях.

Образцы отбирали в районах интенсивного лесопользования на территории Архангельской, Вологодской, Кировской областей и Республики Коми. В каждой географической точке собирали хвою с не менее чем 30 деревьев ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.). Всего было проанализировано 439 образцов растительного материала из 14 популяций (табл. 1).

Выделение ДНК из хвои проведено согласно стандартному протоколу экстракции ДНК из растительных тканей. Контроль качества полученных препаратов проводили с помощью спектрофотометра NanoPhotometer-tm P 330 («Implen», Германия).

Для оценки полиморфизма *Picea abies* выбрано 11 пар праймеров для ядерных микросателлитных локусов (табл. 2).

ПЦР проводили на амплификаторе BioRad, США в 10 мкл реакционной смеси. Продукты амплификации проанализированы методом вертикального гель-электрофореза в 4% полиакриламидном геле (ПААГ) с последующей окраской в растворе бромистого этидия и визуализацией на трансиллюминаторе. В качестве стандартного маркера длин фрагментов использовали плазмиду pBR322, обработанную НРАИ.

Таблица 1

Характеристика точек отбора растительного материала *Picea abies*

№	Федеральный округ	Субъект	Лесничество/ Уч.лесничество	Квартал	Географические координаты
1.	СЗФО	Республика Коми	Корткеросское Веселовское	8	N 61.51 E 51.30
2.	СЗФО	Республика Коми	Корткеросское Усть- Локчимское	220	N 61.53 E 52.42
3.	СЗФО	Республика Коми	Ухтинское Боровское	257	N 62.79 E 53.65
4.	СЗФО	Республика Коми	Сыктывдинское Шыладорское	343	N 61.44 E 49.91
5.	СЗФО	Архангельская область	Устьянское Октябрьское	62	N 61.19 E 43.51
6.	СЗФО	Архангельская область	Карпогорское Кавринское	75	N 63.57 E 43.97
7.	СЗФО	Архангельская область	Березниковское Березниковское	36	N 62.83 E 42.77
8.	СЗФО	Архангельская область	Котласское Котласское сельское	5	N 61.32 E 47.32
9.	СЗФО	Архангельская область	Пинежское Кулойское	172	N 65.11 E 43.64
10.	СЗФО	Архангельская область	Каргопольское Ошевенское	37	N 61.73 E 39.19
11.	СЗФО	Вологодская область	Харовское Ильинское	6	N 61.42 E 40.22
12.	СЗФО	Вологодская область	Устюженское Южное	н.д.	N 58.84 E 36.52
13.	ПВФО	Кировская область	Юрьянское Юрьянское	119	N 59.08 E 49.51
14.	ПВФО	Кировская область	Синегорское Орлецовское	35	N 59.75 E 51.15

Расчеты показателей генетического разнообразия и оценки межпопуляционной дифференциации *Picea abies* проведены с использованием надстройки MS Excel GenAlEx 6.503. Вычислены следующие показатели: число аллелей на локус (N_A), эффективное число аллелей на локус (N_E), наблюдаемая (H_o) и ожидаемая (H_e) гетерозиготности, индекс фиксации (F), значения показателей F статистик Райта.

Характеристика отобранных праймеров для *Picea abies* (L.) Karst.

№	Локус (праймер)	Мотив	Последовательность
1.	Pa_28	(TCG) _n	F: GGC CGA AAG TGC TAC TGC TA R: TGC TCC AGA AGA ACA CTC ACA
2.	Pa_33	(CGG) _n	F: GGT CGA GGA GGA GGA GGT AG R: CAC CGC TAG TGC AGT CTC TG
3.	Pa_36	(CGG) _n	F: CGG CAG GAA CAT CAC TGT TA R: ACC GTA ACC TCC CCT ACC AC
4.	Pa_41	(CTG) _n	F: CGA AGA AGA AAG CGA GGA TG R: CAG GCT GCG AGA ATC CTC TA
5.	Pa_56	(AGGTG) _n	F: ATC GTC TGC ATT GCA TTC AC R: CTT CGT TCC TTC CTG ATC CA
6.	EATC1B02	(ATC) ₇ (AT) ₃	F: TGG CAT GAG ATT TAT GTG GTT R: GTG TGC CCT CAA CCT CAC
7.	EATC1E03	(CAT) ₄ CGT(CAT) ₈	F: CCC CTT ATT CCT AAC GTC AAA R: TAC CAG TGG TGA CAA CGA TG
8.	UAPgAG105	(AG) ₁₁	F: CAA CTA CCT TGA GCC AAT CA R: GTC CGG CAT TAT TGA TCA TT
9.	UAPgAG150B	(AG) ₁₉	F: ACC AAT GCT TTT ACC AAA CG R: TTG ATT GCA AGT GAT GGT TG
10.	UAPgAG150A	(AG) ₁₉	F: ACC AAT GCT TTT ACC AAA CG R: TTG ATT GCA AGT GAT GGT TG
11.	SpaGG3	(GA) ₂₄	F: CTC CAA CAT TCC CAT GTA GC R: AGC ATG TTG TCC CAT ATA GAC C

В ходе анализа электрофоретических спектров ампликонов 11 ядерных микросателлитных локусов в обследованных выборках *Picea abies* выявлено от 2-х до 19-ти аллельных вариантов. Все проанализированные локусы оказались полиморфными. Наибольшее аллельное разнообразие было установлено в локусе SpaGG3. Наименее изменчивыми оказались локусы Pa_56 и UAPgAG150B. Среднее число аллелей на локус варьировало в популяциях от 4,6 до 7,1. Наименьшее значение характерно для октябрьской популяции из Архангельской области, наибольшее – для шыладорской (Республика Коми) и ошевенской (Архангельская область) выборок. По эффективному числу аллелей на локус делается прогноз о их количестве в локусе каждой популяции. Между локусами показатель варьирует в довольно широких пределах – от 2,645 до 4,404. Среднее число эффективных аллелей составило 3,66. Значения наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности – от 0,148 до 0,319 и от 0,586 до 0,725, соответственно. Средние значения этих показателей для изученных популяций составили: $N_A = 6,188$; $N_E = 3,660$; $H_o = 0,237$; $H_e = 0,661$ (табл. 3).

Таблица 3

Показатели генетической изменчивости *Picea abies*

Выборка	N_A	N_E	H_o	H_e	F
Веселовская	6,636	3,452	0,250	0,642	0,645
Усть-Локчимская	6,455	3,771	0,178	0,631	0,747
Боровская	5,818	3,494	0,271	0,640	0,611
Шыладорская	7,091	4,281	0,265	0,696	0,639
Октябрьская	4,636	2,645	0,148	0,586	0,774
Кавринская	6,364	3,936	0,241	0,676	0,649
Березниковская	6,273	3,269	0,319	0,625	0,518

Котласская сельская	6,000	3,674	0,208	0,679	0,692
Кулойская	6,818	4,183	0,223	0,718	0,702
Ошевенская	7,091	4,404	0,300	0,717	0,588
Ильинская	5,182	3,150	0,233	0,636	0,651
Южная	5,273	3,053	0,201	0,621	0,684
Юрьянская	6,455	4,162	0,282	0,725	0,612
Орлецовская	6,545	3,771	0,202	0,663	0,722
Среднее ± ошибка	6,188 ± 0,271	3,660 ± 0,172	0,237 ± 0,018	0,661 ± 0,024	0,660 ± 0,024

Примечание: N_A – среднее число аллелей на локус; N_E – эффективное число аллелей на локус; H_o – наблюдаемая гетерозиготность; H_E – ожидаемая гетерозиготность; F – индекс фиксации.

Уровень гетерозиготности влияет на формирование и поддержание генетической структуры популяции. Значения показателей F статистик Райта свидетельствуют о превышении доли гомозиготных особей во всех обследованных выборках (табл. 4). Это указывает на преобладание близкородственного скрещивания, снижение приспособленности особей, ослабление популяций, т. е. на имбридинговую депрессию. Эффект имбридинговой депрессии усиливается при формировании биогрупп на основе полусибсов лесобразующих пород [1].

Таким образом, внедрение генетических технологий в практику лесного хозяйства позволяет провести паспортизацию естественных насаждений в районах интенсивного лесопользования, что, в свою очередь, дает возможность значительно повысить эффективность государственного лесного контроля. Формирование генетической базы данных позволит оперативно и достоверно подтвердить происхождение биологических образцов, проводить контроль за оборотом репродуктивного материала лесных растений (семян, сеянцев и саженцев), а также расследование нарушений, связанных с незаконными рубками леса.

Таблица 4

Значения показателей F статистик Райта

Локус	Fis	Fit	Fst
pa_28	0,530	0,563	0,071
pa_33	0,553	0,618	0,146
pa_36	0,878	0,911	0,275
pa_41	0,774	0,798	0,106
pa_56	0,341	0,399	0,088
EATC1B02	0,741	0,790	0,188
EATC1E03	0,680	0,737	0,177
UAPgAG105	0,666	0,709	0,129
UAPgAG150B	0,815	0,852	0,197
UAPgAG150A	0,894	0,910	0,150
SpaGG3	0,296	0,328	0,045
Среднее ± ошибка	0,652±0,061	0,692±0,059	0,143±0,020

Примечание: Fis – коэффициент инбридинга особи относительно популяции/выборки; Fit – коэффициент инбридинга особи относительно вида; Fst – коэффициент инбридинга особи относительно вида в целом.

*E-mail автора для переписки: bedrickayatv@rcfh.rosleshoz.gov.ru

Литература

1. Арефьев, Ю.Ф. Инбридинг как фактор регуляции патогенеза в лесных экосистемах / Ю.Ф. Арефьев // Живые и биокосные системы. – 2015. – № 14. – URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-14/article-8>.
2. Крутовский, К.В. Перспективы использования геномных исследований в лесном хозяйстве / К.В. Крутовский // Сибирский лесной журнал. – 2014. – № 4. – С. 11–15.

DOI 10.21178/160524.14

УДК 330.4.519.86

Развитие и внедрение цифровых технологий при мониторинге лесных экосистем и разработке лесоклиматических проектов

© Т.Л. Безрукова*, О.В. Кувшинова, А.А. Кретинин

*ФБГОУ «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,
ул. Тимирязева, 8, Воронеж, 394087, Россия*

Значительный рост объемов доступной информации и быстро меняющиеся информационные технологии обуславливают совершенствование и внедрение цифровых технологий при мониторинге лесных экосистем и лесоклиматических проектов. С помощью мультидисциплинарного исследования, включающего теории баз данных искусственного интеллекта может производиться выбор решений некоторых неструктурированных и слабоструктурированных задач, в том числе и многокритериальных на основе нейросистем. В настоящий момент разработка нейросистемы для мониторинга лесных экосистем и разработки лесоклиматических проектов на основе нейронных систем является передовым методом построения систем данного класса.

A significant increase in the volume of available information and rapidly changing information technologies determine the improvement and implementation of digital technologies in monitoring forest ecosystems and forest climate projects. With the help of multidisciplinary research, including theories of artificial intelligence databases, it is possible to select solutions to some unstructured and semi-structured problems, including multi-criteria based on neural systems. Now, the development of a neural system for monitoring forest ecosystems and developing forest-climatic projects based on neural systems is an advanced method for constructing systems of this class.

В настоящее время многие «лесные» страны наглядно демонстрируют примеры внедрения инновационных и сквозных технологий не только в систему использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, лесной промышленности, но и в лесоклиматические проекты. Внедрение инновационных и сквозных цифровых технологий в лесном комплексе в нашей стране ведется активно, но децентрализованно, и не дает должного эффекта. Чтобы внедрять сквозные цифровые технологии, направленные на эффективное развитие лесоклиматических проектов, необходимо оптимизировать программные продукты с использованием нейронной сети в деятельности органов государственной власти субъектов Российской Федерации уполномоченных в области лесных отношений и промышленных предприятий лесопромышленного комплекса (ЛПК).

Увеличение поглощающей способности лесов заложено в план реализации Стратегии социально-экономического развития с низким уровнем выбросов, разработанный Минэкономразвития. Предполагается, что нетто-поглощение парниковых газов лесными землями должно вырасти с 646,4 млн т. CO₂-эквивалента в 2023 году до 788,7 млн т. к 2030 году. Площадь лесных территорий, на которых ежегодно осуществляются мероприятия по лесовосстановлению и лесоразведению, должна увеличиться с 1506 тыс. до 7000 тыс. га.

Лесоклиматические проекты, вносят заметный вклад в достижение заявленных в стратегии целей по сокращению выбросов парниковых газов (за счет увеличения поглощения), а также отрабатывают новые технологии и подходы в области низкоуглеродного развития, масштабируя новые нормативы и стандарт на уровне государственного управления. Целью лесоклиматических проектов в России должна стать отработка технологий по сокращению выбросов парниковых газов, увеличению поглощения и долговременного сохранения углерода на основе методов устойчивого управления природными экосистемами. Первые пилотные проекты в России были запущены на базе зарубежного опыта. Проектов немного, один из них – карбоновый полигон ВГЛТУ, в рамках которого решено было сделать углеродно-нейтральным весь регион. Особая ставка в углеродном балансе сделана на местный лесной массив.

Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года и программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [2] предусматривают ряд мер по развитию и внедрению цифровых технологий в лесном комплексе [1]. Существует мировой опыт внедрения инновационных, цифровых технологий в целях создания «умного» лесного комплекса, на примере стран с большой площадью лесов, таких как Южная Америка, Южная Африка и Австралия, Финляндия. Сегодня многие страны наглядно демонстрируют международные примеры внедрения инновационных и сквозных технологий не только в систему использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, лесной промышленности, но и в лесоклиматические проекты.

Китай на текущий момент не раскрывает сведений о существующих автоматизированных системах мониторинга лесных экосистем и природных ресурсов [13]. В 2020 году страна анонсировала создание комплексной системы мониторинга экологической стратегии по контролю за деятельностью в заповедниках, основанную на наземно-космическом наблюдении, подключенной к большим данным и Интернету [5]. Финляндия в качестве основной стратегической задачи развития лесного комплекса приоритизирует использование информационно-телекоммуникационных технологий для создания национальной инфраструктуры пространственных данных (ИПД) и связанной с ней Земельной информационной системы (ЗИС) [6, 20]. Разработками занимается агентство в структуре Министерства сельского и лесного хозяйства [7]. Республика Беларусь в лесном хозяйстве использует автоматизированную систему управления (ИСУЛХ), которая представляет собой интегрированную отраслевую АСУ, специально разработанную для лесохозяйственных предприятий всех уровней управления и форм собственности [18]. Система основана на европейских принципах и соглашениях, критериях и показателях национальной системы лесной сертификации [4] и обеспечивает оперативный переход к европейским стандартам учета и контроля хозяйственной деятельности [10].

В России существуют такие информационные системы и цифровые сервисы как: единая государственная автоматизированная информационная система учета древесины и сделок с ней (ЛесЕГАИС), информационная система дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз), блок мониторинга пожарной опасности; информационная система «Лесопатолог/аналитик» (АИСЛА); интерактивная карта «Леса России» действуют децентрализованно и не дают должного эффекта [19].

Первостепенной по значимости проблемой, препятствующей эффективному развитию лесоклиматических проектов в России, является заимствование инновационных технологий, а не развитие собственных. Итак, за рубежом использование «умных» технологий в лесоклиматических проектах началось раньше, чем в нашей стране, поэтому важно изучить этот опыт для возможности его применения в российских условиях. Таким образом, для получения желаемого результата в данном направлении, необходим комплекс мероприятий по внедрению единого платформенного решения.

В результате эффективных разработок цифровых технологий, учитывающих возможность перехода лесоклиматических проектов на применение программных продуктов с использованием нейронной сети, будет направлено на разработку необходимых решений, в

условиях антропогенных и природных лесоизменений, с учетом возможности применения и внедрения в деятельность ЛПК [14].

Искусственный интеллект уже научился классифицировать типы растительности и определять их границы по данным спутникового мониторинга Земли, а также отслеживать динамику изменений на основе расшифровки спутниковых фотографий разных лет. Эти знания помогут проанализировать масштаб ущерба, нанесённого лесными пожарами, скорость восстановления, определить участки с незаконными вырубками и те, на которых лесникам стоит провести посадку деревьев. Несмотря на имеющиеся научные исследования все же остается нерешенной важнейшая проблема прогнозирования лесоизменений антропогенного и природного характера нейросетевыми технологиями. Нейросетевой метод классификации мультиспектральных изображений получил новый виток развития в последние годы, как в работах иностранных ученых, так и отечественных. Также следует отметить недостаточность отечественных исследований в области прогнозирования лесоизменений на основе мультиспектральных изображений, хотя есть исследования, отмечающие нейросетевой подход к прогнозированию лесных пожаров с использованием метеорологических данных группой ученых Al-Kahlout M.M. et al [8, 11, 12].

Научными конкурентами в этой области можно с уверенностью считать учёных (Рамиль Кулеев, Дмитрий Шевелев) из Университета Иннополис, ИнноГеоТех, которые разработали в 2020 году ИС «Умный лес» [3]. Подсистема мониторинга лесоизменений была протестирована в Пермском крае. Также решение данной научной проблемы предложено в виде сервиса лесвосток.рф, разработанного в 2021 году Фондом развития Дальнего Востока и в настоящее время внедряющегося в качестве механизма биржевых торгов в Приморском и Хабаровском крае. Учёные Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления (ВСГУТУ) запатентовали программу, предназначенную для автоматического обнаружения изменений в лесах — незаконных лесозаготовок, природных пожаров и т. д. [16].

Начиная с 2024 года, в Российской Федерации нейронные сети начнут отслеживать транспортировку леса. В 2022 году в Пермском крае был проведен эксперимент с использованием искусственного интеллекта и камер для автоматического контроля транспортировки древесины. Согласно результатам анализа, система идентифицировала 1052 транспортных средства как лесозаготовительную технику из транспортного потока, в то время как 370 фактов перевозки не были подтверждены в ЛесЕГАИС.

Таким образом, применение инновационных и сквозных цифровых технологий в лесоклиматических проектах позволит выработать рекомендации организационно-экономического характера, направленные на создание единой цифровой платформы для обеспечения органов государственной власти информацией в области использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов и переработки продуктов леса. Особое внимание необходимо уделить обучению сверточных сетей для классификации объектов со схожими визуальными характеристиками в целях их лесовосстановления и лесоразведения на основе мультиспектральных изображений.

При разработке архитектуры временных сверточных сетей для предиктивной аналитики в разрезе таксационных данных и прогнозирования последствий изменения климата на основе мультиспектральных изображений, используется подход, который позволит добавить определенные свойства рекуррентных нейронных сетей к классическому дизайну Convolutional neural network.

Нейронные сети также применяются для анализа климатических данных и понимания долгосрочных климатических тенденций. Они могут обрабатывать большие объемы данных о температуре, осадках, уровне моря и других климатических параметрах, и выявлять скрытые паттерны и взаимосвязи между ними. Нейронные сети могут помочь улучшить наше понимание климатических процессов и предсказывать будущие изменения климата. Они могут использоваться для моделирования климатических систем и оценки влияния различных факторов, таких как выбросы парниковых газов, на климатические изменения [17]. Процесс

обучения нейронной сети для прогнозирования климатических изменений включает несколько шагов (рис. 1).

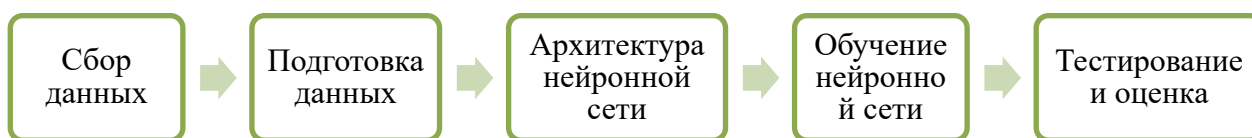


Рис. 1. Процесс обучения нейронной сети для прогнозирования климатических изменений

Нейросети представляют собой мощный инструмент, который может быть использован для прогнозирования климатических изменений с учетом рядом преимуществ и недостатков, которые следует учитывать при их применении в данной области (табл. 1).

Таблица 1

Преимущества и недостатки нейросетей в прогнозировании климата

Преимущества и недостатки нейросетей	
<i>Преимущества</i>	
Гибкость и адаптивность	Нейросети обладают способностью автоматически настраиваться и адаптироваться к новым данным, что позволяет им прогнозировать климатические изменения на основе актуальной информации
Способность к извлечению сложных паттернов	Нейросети могут обнаруживать и использовать скрытые связи и сложные паттерны в исторических данных о климате, что позволяет им более точно предсказывать будущие изменения
Высокая скорость обработки информации	Нейросети могут обрабатывать большие объемы данных и производить вычисления на высокой скорости, что позволяет получать прогнозы климатических изменений в реальном времени
Устойчивость к шуму и неполным данным	Нейросети могут обрабатывать данные, содержащие шум и пропуски, и продолжать работать с высокой точностью, что является важным преимуществом в анализе и прогнозировании климата
<i>Недостатки</i>	
Необходимость в большом объеме данных	Нейросетям требуется большой объем исторических данных о климате для обучения и создания точных прогнозов, что может быть сложно обеспечить в некоторых регионах или при анализе долгосрочных изменений
Требовательность к вычислительным ресурсам	Нейросети требуют высокой производительности вычислительных систем для своей работы, что может быть затруднительным в случае ограниченных ресурсов или доступности оборудования

Интерпретируемость результатов	Нейросети могут быть сложными в понимании и интерпретации своих результатов, что может затруднить анализ и восприятие полученных прогнозов климатических изменений
Потенциальная нестабильность прогнозов	Нейросети могут давать различные прогнозы в зависимости от своих настроек и параметров обучения, что может усложнить принятие решений, на основе полученных данных

В процессе моделирования лесоизменений на основе методов Transfer learning и Domain adaptation, а также применение методов трансфертного обучения и доменной адаптации в рекуррентной нейронной сети (Transfer learning and Domain adaption) во временных сверточных сетях, позволяет повысить точность прогнозирования лесоизменений антропогенного и природного характера. Обучение сверточных сетей для классификации объектов со схожими визуальными характеристиками на основе мультиспектральных изображений для лесоклиматических проектов базируется на монтаже отображение выровненных по гистограмме каналов, обучающих данных (рис. 2).

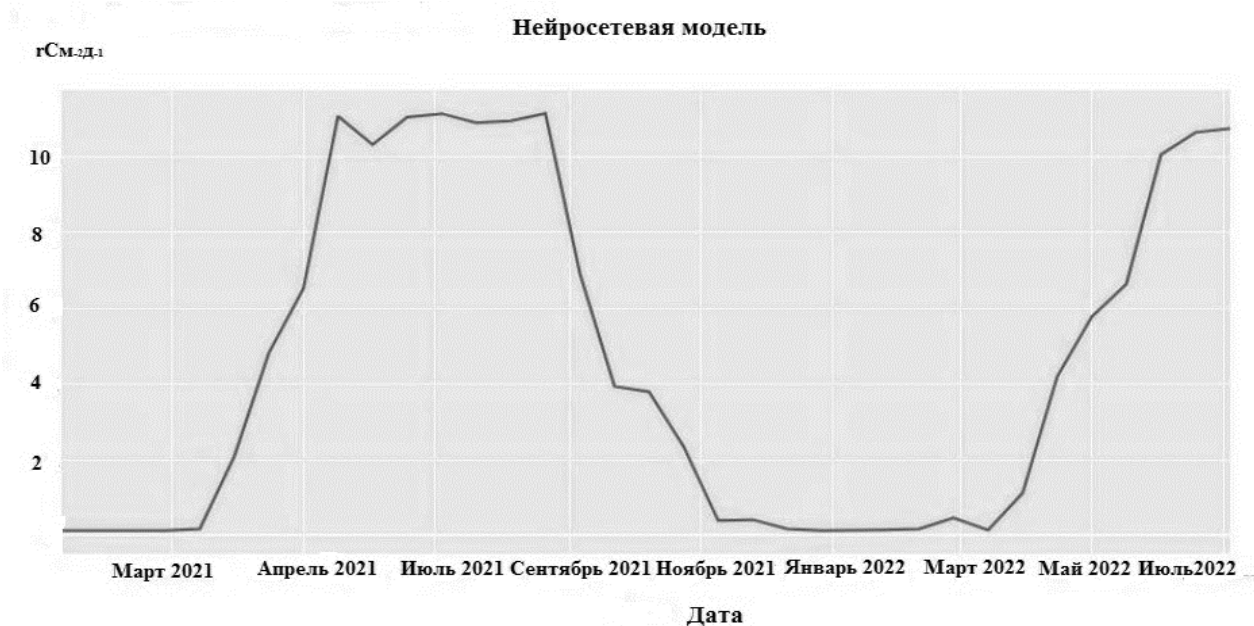


Рис. 2. Процесс обучения нейронной сети для прогнозирования климатических изменений

Искусственный интеллект приносит огромные преимущества в климатических исследованиях, есть и вызовы. Один из них - это доступ к данным. Для создания точных моделей требуется большое количество данных, которые не всегда доступны [9]. Кроме того, цифровые модели могут быть дорогостоящими в разработке и поддержке.

Тем не менее, перспективы применения искусственного интеллекта в борьбе с климатическими изменениями огромны. Искусственный интеллект может помочь нам лучше понимать и предсказывать изменения климата.

Несмотря на введение санкций, лесоклиматические проекты в России продолжают развиваться. Увеличение поглощающей способности лесов в условиях климатических изменений – дело, которое по определению касается всей планеты, и осуществлять его можно только совместно. С использованием искусственного интеллекта создаются модели, которые позволяют прогнозировать различные климатические сценарии на

будущее. Это позволяет научным исследователям и управленческим лицам принимать более обоснованные решения в планировании и адаптации к климатическим изменениям лесных экосистем и лесоклиматических проектов на основе мультиспектральных изображений цифровых технологий.

*E-mail автора для переписки: bezrukova_t_l@mail.ru

Литература

1. Об утверждении Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года: Распоряжение Правительства РФ от 11.02.2021 N 312-р // КонсультантПлюс: офиц. сайт / Компания «КонсультантПлюс». – Электрон. справ. правовая система. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_307428/ (дата обращения 19.04.2024).
2. Паспорт национального проекта "Национальная программа "Цифровая экономика Российской Федерации" (утв. президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 04.06.2019 N 7) // КонсультантПлюс: офиц. сайт / Компания «КонсультантПлюс». – Электрон. справ. правовая система. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_328854/ (дата обращения 19.04.2024).
3. Искусственный интеллект поможет выявить незаконные вырубki в Пермском крае электрон. журн. Искра, Кунгур, 2020 – <https://www.tadviser.ru/index.php/> – Дата публикации: 04. 06. 2020.
4. Официальный сайт Министерства лесного хозяйства Республики. – URL: <http://www.mlh.by/> (дата обращения 19.04.2024).
5. Китай заявляет о разработке сети экомониторинга // *chinalogist*. – URL: <https://chinalogist.ru/book/news/kitay-zayavlyayet-o-razrabotke-seti-ekomonitoringa> (дата обращения 15.03.2024).
6. Министерство земли и лесного хозяйства Финляндии / URL: <https://mmm.fi/metsat> (дата обращения 15.03.2024).
7. Национальное землеустройство Финляндии. – URL: <https://www.maanmittauslaitos.fi/en> (дата обращения 11.03.2024).
8. Cavigelli, L. Computationally efficient target classification in multispectral image data with Deep Neural Networks / L. Cavigelli // Target and Background Signatures II. — International Society for Optics and Photonics, 2016. — V. 9997. — P. 99970L.
9. Bezrukova, T.L. Forecasting development of forest complex in the formation of digital economy / T.L. Bezrukova, I.V. Kuksova, S.S. Kirillova, A.T. Gyyazov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Jubilee Scientific and Practical Conference "Innovative Directions of Development of the Forestry Complex (FORESTRY-2018)", 2019. – С. 012063.
10. Osco, L.P. A convolutional neural network approach for counting and geolocating citrus-trees in UAV multispectral imagery / L.P. Osco // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – 2020. – Т. 160. – С. 97-106.
11. Senecal, J.J. Efficient convolutional neural networks for multi-spectral image classification / J.J. Senecal, S.J. W.heppard, J.A. Shaw // 2019 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN). – IEEE, 2019. – С. 1-8.
12. Wei, Y. Boosting the accuracy of multispectral image pansharpening by learning a deep residual network / Y. Wei, Y. Qiangqiang, S. Huanfeng, Z. Liangpei // IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters. — 2017. — Т. 14, №. 10. – С. 1795-1799.
13. Ветчинкина, М.В. Управление системой использования ресурсов лесного комплекса России: основные направления ее развития / М.В. Ветчинкина, Т.Л. Безрукова, О.И. Кулик // Трансформация экономических систем: низкоуглеродная экономика и климатическая политика : Материалы Международной научно-практической конференции, Воронеж, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж : ВГЛТУ, 2022. – С. 17-22.
14. Кретинин, А.А. Цифровые технологии в управлении лесопромышленным комплексом / А.А. Кретинин, Т.Л. Безрукова, О.И. Кулик // Подготовка кадров в условиях перехода на инновационный путь развития лесного хозяйства : Научно-практическая конференция, 21-22 октября 2021 г., Воронеж, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж: ВГЛТУ, 2021. – С. 181-186.
15. Ларионов, В.Г. Цифровая трансформация лесного хозяйства / В.Г. Ларионов, Т.Л. Безрукова, Е.Н. Шереметьева, Е.П. Барина, М.В. Ветчинкина // Зеленая экономика: «IFOREST»:

29 сентября 2021 г.; отв. ред. Е.В. Титова ; М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж: ВГЛТУ, 2021. – С. 64-70.

16. Моу, Л. Изучение спектрально-пространственно-временных характеристик с помощью рекуррентной сверточной нейронной сети для обнаружения изменений в мультиспектральных изображениях / Л. Моу, Л. Бруццоне, Х.Х. Чжу // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. – 2018. – Т. 57, № 2. – С. 924-935.

17. Портал по лесозаготовке и деревообработке // Лесной комплекс, Красноярск. – 2024. – URL: <https://forestcomplex.ru/digital-environment/uchjonye-sozdali-nejroset-dlya-obnaruzheniya-izmenenij-v-lesnoj-srede/> (дата обращения 19.04.2024).

18. Станкевич, Т.С. Применение сверточных нейронных сетей для решения задачи оперативного прогнозирования динамики распространения лесных пожаров / Т.С. Станкевич // Бизнес-информатика. – 2018. — № 4 (46). – С. 17-26. – URL: https://aillib.ru/bez-rubriki/primenenie-nejrosetej-v-analize-i-prognozirovanii-klimaticheskix-izmenenij/?doing_wp_cron=1713811569.1297459602355957031250 (дата обращения 19.04.2024).

19. Толкач, И.В. Основные направления развития системы лесоустройства и методов инвентаризации лесов Беларуси / И.В. Толкач // Труды БГТУ. Лесное хозяйство. – № 1 – 2015. – С. 50-53.

20. Хассан-Эсфахани, Л. Оценка поверхностной влажности почвы с использованием мультиспектральной съемки высокого разрешения и искусственных нейронных сетей / Л. Хассан-Эсфахани // Дистанционное зондирование. – 2015. – Т. 7, №. 3. – С. 2627-2646.

DOI 10.21178/160524.21

УДК: 630*232.12:632.937.31

Изменчивость и взаимозависимость содержания крахмала в тканях побегов магонии падуболистной в условиях Нижегородской области

© Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов*, А.А. Маякова, А.В. Вышегородцев

*Нижегородский государственный агротехнологический университет,
пр. Гагарина, 97, Нижний Новгород, 603107, Россия*

Актуальность работы определена необходимостью оптимизации списка видов древесных и кустарниковых растений при создании multifunctional городских насаждений. Цель исследований – определить возможности адаптации магонии падуболистной к природным условиям Нижегородской области посредством оценки её физиологического состояния по накоплению в тканях побегов запасного крахмала. Объекты исследования – одновозрастные особи указанного вида семенного происхождения, достигшие состояния репродуктивной зрелости. Во всех тестируемых тканях учетных растений суммарное содержание крахмала составляло от $7,20 \pm 1,20$ до $13,60 \pm 0,73$ балла при среднем значении $9,83 \pm 27$.

The relevance of the work is determined by the need to optimize the list of species of woody and shrubby plants when creating multifunctional urban plantings. The purpose of the research is to determine the possibilities of adaptation of holly-leaved magonia to the natural conditions of the Nizhny Novgorod region by assessing its physiological state due to the accumulation of spare starch shoots in the tissues. The objects of the study are the same-aged individuals of the specified species of seed origin who have reached a state of reproductive maturity. In all the tested tissues of the accounting plants, the total starch content ranged from 7.20 ± 1.20 to 13.60 ± 0.73 points with an average value of 9.83 ± 27 .

Введение

Экологические проблемы современных городов требуют своего безотлагательного решения, что вполне актуально для большинства крупных индустриально-транспортных центров России [13, 15]. При этом, весьма эффективным средством стабилизации экологической обстановки на урбанизированных территориях выступают насаждения из деревьев и кустарников [13, 17, 18], что в полной мере можно отнести к Нижнему Новгороду и другим населенным пунктам Среднего Поволжья [9, 17, 18]. Для более результативного выполнения ими своих санитарно-гигиенических, декоративно-эстетических и рекреационно-бальнеологических функций необходимо систематическое обновление и расширение ассортимента используемых видов. Последнее предполагает активную и последовательную интеграцию в его состав наиболее ценных и хорошо адаптированных к местным условиям представителей инорайонной дендрофлоры [7, 13, 15], относящихся к хвойным деревьям [11, 14, 25] и кустарникам [8, 10, 12], а также листовенным породам [2–5]. В их перечне заметное место занимают представители рода Магония (*Mahonia* Nutt.) [22, 23], входящего в семейство барбарисовых (*Berberidaceae* Juss., nom. cons.) [4, 19, 22], распространенного на территории Северной Америки, Центральной и Восточной Азии [19, 22, 23] и интродуцированного в Европу.

Цель исследований – определить возможности адаптации магонии падуболистной к природным условиям Нижегородской области посредством оценки её физиологического состояния по накоплению запасного крахмала в тканях побегов.

Объекты, материалы и методы

Объектом исследования явились одновозрастные особи указанного вида, имеющие семенное происхождение и достигшие фазы репродуктивной зрелости своего онтогенеза. Все они были высажены по одинаковым схемам размещения посадочных мест в дендрологической коллекции Нижегородского государственного агротехнологического университета, географические координаты которого составили 56°15'19.9"N 44°00'24.2"E при абсолютной высоте местности 173 м. Согласно современной системе лесорастительного районирования опытный участок расположен в зоне хвойно-широколиственных лесов и отнесен к району хвойно-широколиственных (смешанных) лесов европейской части Российской Федерации. В нем сложился влажный климат с умеренно теплым и влажным летом и умеренно суровой снежной зимой, что вполне благоприятно для успешного произрастания обширного перечня видов деревьев и кустарников. Информация о расположении на территории региона их природных ареалов [1], а также сведения о положительном результате введения в состав искусственных насаждений многочисленных представителей инорайонной дендрофлоры [2–5], в числе которых представители семейства барбарисовые [4], были положены в основу выдвижения гипотезы о потенциальном успехе интродукции магонии в Нижегородское Поволжье.

Методологический подход предусматривал соблюдение принципа единственного логического различия и важнейших требований к организации опыта: типичности, пригодности, надежности, целесообразности. Исследования выполняли полевым стационарным и лабораторными методами с реализацией общепринятых схем организации научных работ и построения выборок. Элиминация дифференцирующего влияния среды достигалась сравнением объектов и образцов только в пределах одного опытного участка с едиными схемами размещения, одинаковой агротехникой создания и выращивания, однотипным видом посадочного материала. Размещение посадочных мест на участке рендомизированное, что позволило реализовать принципы случайности, равномерности и повторности учетных деревьев каждого вида. Это исключило целенаправленное предоставление какому-либо из них преимуществ в условиях существования и формирования своих физиологических показателей. Сведенное к минимуму в границах одного опытного участка влияние факторов среды на проявление различий по анализируемым признакам, позволило объяснять наличие таковых влиянием генотипически обусловленной специфики изучаемых растений семенного происхождения. Исключение влияния фактора времени, вызывающего хронографическую изменчивость, обеспечивалось одновременными наблюдениями и учетами тестируемых признаков, сравнением только одновозрастных растений, их частей и органов.

Поскольку одним из ключевых критериев успешной интродукции древесных растений признан комплекс многочисленных характеристик их физиологического состояния, предметом исследования выступали процессы накопления запасного крахмала в частях исследуемых растений. Теоретической платформой в этих вопросах служили фундаментальные [24] и современные [5–7, 14] работы в сфере гистохимии и физиологии древесных растений [11, 14]. В построении организационно-методических схем учитывали накопленный собственный опыт [3, 5–7]. Крахмал выявляли цветной реакцией на раствор Люголя. Оценка его содержания давалась в условных балах по принятой и ранее апробированной 6-балльной шкале [5–8]: 0 – крахмал отсутствует полностью, не удается обнаружить ни одного крахмального зерна ни в одной клетке учетной зоны ткани; 1 – крахмал в ограниченном количестве присутствует в единичных (до 10 %) клетках учитываемой ткани; 2 – крахмал присутствует в меньшем числе клеток: окрашенные

крахмальные зерна удается зафиксировать примерно в 20–30 % клеток; 3 – крахмал фиксируется примерно в половине всех учитываемых клеток ткани (40–60 %); 4 – крахмал отмечается в большей части клеток (70–90 %); 5 – крахмал в большом количестве присутствует во всех клетках (100 %) учитываемой ткани. Гистохимические исследования вели с помощью микроскопа Микмед-2, имеющего микрофотонасадку к цифровой фотокамере Cannon Power Shot A570 IS, соединенной с телеэкраном и монитором компьютера. Использовали поперечные срезы из центральной части нормально развитого побега без признаков его поражения внешними биотическими или абиотическими факторами. Количество крахмала оценивали дифференцировано по учетным зонам каждой из тканей, привлеченных для анализа: сердцевина (зона 1); перимедуллярная зона ксилемы (зона 2); ксилема (зона 3); сердцевинные лучи ксилемы (зона 4); кора (зона 5); а также производный от них признак – суммарное значение всех выделенных тканей и зон (сумма). Для каждого учетного растения и для их совокупности в целом находили средние значения. Тест-контролем корректности глазомерной оценки временных препаратов служили срезы, не обработанные красящими веществами [5–8]. Наблюдаемое в поле визирования состояние таких клеток соответствует полному отсутствию в них исследуемого полисахарида. С ними сравнивали срезы, обработанные выбранным реактивом. Первичная единица выборки была представлена разовым учетом показателя в каждой из анализируемых тканей. Статистическая обработка первичной лесоводственной информации выполнена по общепринятым методикам. Степень изменчивости признаков оценивали по шкале С.А. Мамаева [16]. Качественную оценку тесноты связи давали по шкале Р.Е. Чеддока [20], применяемой и в лесном хозяйстве [21].

Результаты и обсуждение

В ходе проведения работ была зафиксирована фенотипическая изменчивость содержания крахмала во всех учетных зонах и тканях побегов исследуемых растений магонии падуболистной (табл. 1). Она отчетливо наблюдалась на организменном уровне в пределах отдельной особи, что рассматривалось как ненаследственная часть фиксируемой дисперсии (вся фенотипическая дисперсия обусловлена влиянием внешних факторов). Проявилась и между особями семенного происхождения в форме внутривидового несходства физиологического статуса у носителей разных генотипов. В этом случае часть фенотипической дисперсии обусловлена наследственной спецификой сравниваемых объектов.

Таблица 1
Содержание крахмала в тканях побегов магонии падуболистной

Учетная зона	Содержание крахмала, баллы			Статистические характеристики		
	Среднее	Максимум	Минимум	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации, %	Точность опыта, %
Зона 1	3,32 ± 0,09	5,00	1,00	1,00	27,37	2,74
Зона 2	1,58 ± 0,10	4,00	0,00	0,97	61,63	6,16
Зона 3	1,42 ± 0,08	3,00	0,00	0,84	59,37	5,94
Зона 4	3,26 ± 0,13	5,00	0,00	1,28	39,39	3,94
Зона 5	0,25 ± 0,05	2,00	0,00	0,52	207,92	20,79
Сумма	9,83 ± 0,27	17,00	2,00	2,73	27,79	2,78

В частности, в сердцевине побега (зона 1) средние величины данного показателя принимали значения от $2,40 \pm 0,60$ балла до $4,0 \pm 0,16$ балла, образовав превышение большего из них над меньшим в 1,67 раза или на 1,6 балла. Обобщенная для всего массива данных величина зафиксирована на уровне $3,23 \pm 0,09$ балла. Различия в лимитах ($max = 5,0$ балла; $min = 1,0$ балла) более контрастны: их диапазон ($\Delta lim = max - min$), составил 4 балла при отношении, равном 5. Коэффициент вариации ($Cv = 27,37\%$) соответствовал повышенному уровню изменчивости по шкале Мамаева ($Cv = 26-35\%$). В перимедуллярной зоне ксилемы (зона 2) крахмала было значительно меньше. Обобщенное среднее значение составило $1,58 \pm 0,10$ балла. Интервал средних оценок (от $0,40 \pm 0,24$ балла до $2,40 \pm 0,60$ балла) создал их превышение в 6,5 раза или на 2,2 балла. При этом абсолютный диапазон ($\Delta lim = max - min$) оказался равным 4 баллам ($max = 4$ балла; $min = 0$ баллов), а их отношение – бесконечно большим (у части образцов крахмал отсутствовал полностью). Коэффициент вариации ($Cv = 61,63\%$) определил наблюдаемую изменчивость как соответствующую очень высокому уровню шкалы Мамаева ($Cv > 50\%$), притом что частные оценки (по отдельным особям) были весьма нестабильны ($Cv = 25,91-136,93\%$). Столь же низкое количество крахмала отмечалось в клетках ксилемы (зона 3): обобщенное по всем особям среднее значение находилось на уровне $1,42 \pm 0,08$ балла. Расхождения между средними значениями особей выражены в большей мере: наибольшее ($2,40 \pm 0,29$ балла) и наименьшее ($0,20 \pm 0,20$ балла) различались на 2,20 балла или в 12 раз. На этом фоне диапазон предельных величин ($max = 3,0$ балла; $min = 0,0$ балла) составил 3,0 балла, а их отношение также было предельно большим по причине присутствия в массиве образцов с нулевым содержанием крахмала. Наблюдавшаяся изменчивость в оценках по коэффициенту вариации ($Cv = 59,37\%$) достигла очень высокого уровня шкалы Мамаева ($Cv > 50\%$).

Сердцевинные лучи ксилемы (зона 4) к моменту учета накопили намного больше крахмала: обобщенное значение составило $3,26 \pm 0,13$ балла; в разрезе отдельных особей – от $0,60 \pm 0,89$ балла до $4,60 \pm 0,42$ балла; абсолютный диапазон достиг 5 баллов ($max = 5$ баллов; $min = 0$ баллов). Обобщенный коэффициент вариации ($Cv = 39,39\%$) соответствовал высокому уровню изменчивости ($Cv = 36-50\%$), притом что частные оценки отдельных особей занимали позиции от низкого ($Cv = 9,09\%$) до очень высокого ($Cv = 149,07\%$) уровня. Меньше всего крахмал присутствовал в корковой зоне побега, что соответствует отсутствию на момент учета активных процессов фотосинтеза (зона 5). При этом значительное число учетных растений не содержали в указанной ткани крахмала, а у остальных его количество было предельно низким: от 0 до $1,00 \pm 0,71$ балла при обобщенном среднем значении $0,25 \pm 0,05$ балла. Большое количество нулевых значений привело к увеличению коэффициента вариации ($Cv = 207,92\%$) и снижению показателя точности опыта. Выступавшая интегральным показателем вышеуказанных характеристик физиологического состояния сумма содержания крахмала во всех учетных зонах и тканях побега (сумма) весьма динамична и составила от $7,20 \pm 1,47$ балла до $13,60 \pm 0,73$ балла при обобщенном значении $9,83 \pm 0,27$ балла. Коэффициент вариации в объединенной выборке ($Cv = 27,79\%$) оценил изменчивость данного признака в ней как соответствующую повышенному уровню шкалы Мамаева ($Cv = 26-35\%$). При этом, в пределах отдельного учетного растения она, как и по другим признакам, была неодинаковой: от 6,45% (очень низкий уровень – $Cv < 7\%$) до 37,16% (высокий уровень – $Cv = 36-50\%$).

У магонии падуболистной при ее интродукции в Нижегородскую область прослеживалась связь изменчивости каждого из тестируемых признаков физиологического состояния исследуемых растений с динамикой всех других параметров. Коэффициенты линейной корреляции при парном сравнении рядов значений исследуемых признаков получили оценки в достаточно широком диапазоне и разной направленности (табл. 2). В частности, высокая по шкале Чеддока ($r = 0,7-0,9$) и положительная по знаку

связь содержания крахмала в сердцевине зафиксирована с его суммарным значением по всем учетным тканям ($r \pm mr = 0,798 \pm 0,079$, при $tr = 10,10$). Несколько меньшая оценка той же направленности ($r \pm mr = 0,659 \pm 0,099$, при $tr = 6,68$) получена в парном сопоставлении содержания крахмала в сердцевине с его наличием в сердцевинных лучах ксилемы. Такая теснота связи относится к заметной по той же шкале ($r = 0,5-0,7$). Вышеуказанные показатели корреляции статистически достоверны как на 5-процентном, так и на 1-процентном уровне значимости. В остальных вариантах анализа данного признака (зона 1) связь положительна, хотя выражена в значительно меньшей степени: от $0,071 \pm 0,113$ (зона 2) до $0,297 \pm 0,125$ (зона 3).

Таблица 2

Корреляция содержания крахмала в тканях побегов магонии падуболистной

Учетная зона	Показатель корреляции	Учетные зоны					
		Зона 1	Зона 2	Зона 3	Зона 4	Зона 5	Сумма
Зона 1	r	1,000	0,071	0,297	0,659	0,203	0,798
	$\pm mr$	0,000	0,113	0,125	0,099	0,129	0,079
	tr	999(9)	0,63	2,37	6,68	1,58	10,10
Зона 2	r	0,071	1,000	0,042	0,068	0,239	0,470
	$\pm mr$	0,101	0,000	0,131	0,131	0,127	0,116
	tr	0,70	999(9)	0,32	0,52	1,88	4,06
Зона 3	r	0,297	0,042	1,000	0,038	0,058	0,451
	$\pm mr$	0,096	0,113	0,000	0,131	0,131	0,117
	tr	3,1	0,37	999(9)	0,29	0,44	3,85
Зона 4	r	0,659	0,068	0,038	1,000	0,098	0,744
	$\pm mr$	0,076	0,113	0,131	0,000	0,131	0,088
	tr	8,7	0,60	0,29	999(9)	0,75	8,49
Зона 5	r	0,203	0,239	0,058	0,098	1,000	0,407
	$\pm mr$	0,099	0,110	0,131	0,131	0,000	0,120
	tr	2,1	2,18	0,44	0,75	999(9)	3,40
Сумма	r	0,798	0,470	0,451	0,744	0,407	1,000
	$\pm mr$	0,061	0,100	0,117	0,088	0,120	0,000
	tr	13,1	4,71	3,85	8,49	3,40	999(9)

Примечание: r – парный коэффициент корреляции Пирсона; $\pm mr$ – ошибка коэффициента корреляции; tr – критерий достоверности коэффициента корреляции ($t_{05} = 1,98$; $t_{01} = 2,63$).

Количество крахмала в перимедулярной зоне ксилемы (зона 2) мало зависело от его наличия в других тканях. Теснота связи определена как положительная, слабая ($r = 0,1...0,3$), недостоверная: от ($r \pm mr = 0,042 \pm 0,131$, при $tr = 0,32$) до ($r \pm mr = 0,239 \pm 0,127$, при $tr = 1,88$). При этом обратные связи не рассматривались. Только в случае сопоставления с суммарным накоплением крахмала корреляция, сохранив положительную направленность, была достоверной, умеренной по силе ($r = 0,3-0,5$) и составила: $r \pm mr = 0,470 \pm 0,116$, при $tr = 4,06$. Подобные результаты были получены в анализе корреляций в отношении ксилемы (зона 3) и коры (зона 5) с той разницей, что сходные по направленности достоверные оценки обладали своими размерами: $r \pm mr = 0,451 \pm 0,117$, при $tr = 3,95$ и $r \pm mr = 0,407 \pm 0,120$, при $tr = 3,40$ соответственно. Сердцевинные лучи ксилемы (зона 4), в целом, обладавшие сравнительно высоким содержанием крахмала (см. табл. 1), в указанном плане отличались большей теснотой связи как с наличием указанного полисахарида в сердцевине (зона 1), что описано выше, так и в отношении его суммарного количества (сумма): $r \pm mr = 0,744 \pm 0,088$, при $tr = 8,49$. По вполне понятным

причинам корреляции последнего показателя со всеми другими оказалась положительной, наиболее значимой и достоверной.

Выполнение регрессионного анализа с построением уравнений прямой линии вида $y = ax + b$ позволило адекватно описать зависимость изменений какого-либо показателя физиологического состояния исследуемых растений от характера изменений других, учитываемых в данном опыте (табл. 3). Так, динамика оценок содержания крахмала в сердцевине побегов (зона 1) наиболее надежно описывалось уравнением зависимости от его количества в сердцевинных лучах (зона 4): $y = 0,467x + 1,799$, $R^2 = 0,4348$, а также от его общего накопления в тканях побегов (сумма): $y = 0,266x + 0,709$, $R^2 = 0,6374$.

Таблица 3

Регрессионная зависимость физиологических показателей

Учетные зоны	Уравнения	R^2	t -статистика коэффициентов		F_{05}	Значимость
			a	b		
Сердцевина побега (зона 1)						
Зона 2	$y = 0,066x + 3,216$	0,0050	0,701	18,450	0,492	0,4848
Зона 3	$y = 0,321x + 2,865$	0,0885	3,084	16,708	9,512	0,00265
Зона 4	$y = 0,467x + 1,799$	0,4348	8,683	9,558	75,398	8,7E-14
Зона 5	$y = 0,355x + 3,231$	0,0413	2,054	32,529	75,398	0,04266
Сумма	$y = 0,266x + 0,709$	0,6374	13,125	3,435	172,255	2,6E-23
Перимедулярная зона ксилемы (зона 2)						
Зона 1	$y = 0,076x + 1,329$	0,0050	0,701	3,577	0,492	0,4848
Зона 3	$y = 0,048x + 1,512$	0,0017	0,413	7,863	0,171	0,68027
Зона 4	$y = 0,052x + 1,412$	0,0046	0,675	5,276	0,456	0,50129
Зона 5	$y = 0,449x + 1,468$	0,0574	2,442	13,909	0,456	0,01641
Сумма	$y = 0,168x - 0,068$	0,2213	5,277	-0,211	27,850	7,9E-07
Сердцевинные лучи ксилемы (зона 4)						
Зона 1	$y = 0,932x + 0,167$	0,4348	8,683	0,451	75,398	8,7E-14
Зона 2	$y = 0,090x + 3,118$	0,0046	0,675	12,659	0,456	0,50129
Зона 3	$y = 0,058x + 3,178$	0,0014	0,377	12,531	0,142	0,70688
Зона 5	$y = 0,243x + 3,199$	0,0097	0,979	22,427	0,142	0,33023
Сумма	$y = 0,350x - 0,179$	0,5539	11,030	-0,554	121,669	7,1E-19

Остальные описания были менее убедительными. При этом, коэффициенты перед аргументом (за исключением случая с перимедулярной зоной ксилемы) и свободным членом уравнений статистически достоверны и значимы: $t_{05/01} = 1,972/2,601$. В целом, регрессионный анализ подтвердил результаты нахождения корреляций между рассматриваемыми показателями физиологического состояния растений магонии.

*E-mail автора для переписки: lesfak@bk.ru

Литература

1. Аверкиев, Д.С. История развития растительного покрова Горьковской области и ее ботанико-географическое деление / Д.С. Аверкиев // Ученые записки Горьковского университета. – 1954. – Вып. XXXV. – С. 119–136.
2. Бабаев, Р.Н. Лигнификация ксилемы разных видов березы при интродукции в условиях Нижегородской области / Р.Н. Бабаев, Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2021. – Вып. 235. – С. 40–56. – DOI: 10.21266/2079-4304.2021.235.40-56.

3. Бабаев, Р.Н. Содержание и баланс запасных веществ в побегах аборигенной и интродуцированных в Нижегородскую область видов и форм березы / Р.Н. Бабаев, Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2022. – № 1. – С. 59–71.
4. Бессчетнов, В.П. Стимулирующий эффект применения биологически активных препаратов в укоренении черенков представителей семейства Барбарисовые (Berberidaceae Juss.) / В.П. Бессчетнов, Н.Н. Бессчетнова, Н.А. Лукоянова, А.В. Локтева // Ландшафтная архитектура и природообустройство: от проекта до экономики – 2024 : Матер. XIII Межд. науч.-практ. конф.: г. Саратов – Нижний Новгород, 4-5 апреля 2024 г. – Саратов – Нижний Новгород : Вавиловский университет, НГАТУ, 2024. – С. 263–271.
5. Бессчетнов, П.В. Специфика содержания крахмала в тканях побегов разных видов тополей / П.В. Бессчетнов, Н.Н. Бессчетнова // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2 (26). – С. 23–34.
6. Бессчетнова, Н.Н. Динамика содержания крахмала в побегах представителей клоновых репродукций плюсовых деревьев сосны обыкновенной в Нижегородской области / Н.Н. Бессчетнова // Лесной комплекс: состояние и перспективы развития : Сборник научных трудов. Брянск : БГИТА, 2003. – Вып. 5. – С. 13–17.
7. Бессчетнова, Н.Н. Содержание крахмала в тканях побегов разных видов ели (*Picea* A. Dietr.) в условиях интродукции / Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов, А.В. Кулькова, И.В. Мишукова // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2017. – № 4. – С. 57–68. – DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.4.57.
8. Бессчетнова, Н.Н. Сравнительная оценка сортов туи западной (*Thuja occidentalis* L.) по морфометрическим показателям шишек / Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов, А.В. Локтева, М.Ю. Котынова, В.Г. Королев // Ландшафтная архитектура и природообустройство: от проекта до экономики – 2024 : Матер. XIII Междунар. науч.-практ. конф.: г. Саратов – Нижний Новгород, 4-5 апреля 2024 г. – Саратов – Нижний Новгород : Вавиловский университет, НГАТУ, 2024. – С. 232–239.
9. Бессчетнова, Н.Н. Пылезадерживающая способность хвои ели колючей в насаждениях г. Нижнего Новгорода / Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов, И.И. Паникаров // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2024. – Вып. 247. – С. 188–208. – DOI: 10.21266/2079-4304.2024.247.188-208.
10. Вышегородцев, А.В. Видоспецифичность регенеративной способности черенков тиса при интродукции в Нижегородскую область / А.В. Вышегородцев, Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов, А.И. Широков // Хвойные бореальной зоны. – 2023. – Т. XLI, № 2. – С. 118–132.
11. Есичев, А.О. Содержание жиров в тканях побегов лиственницы сибирской в условиях интродукции в Нижегородскую область / А.О. Есичев, Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов // Хвойные бореальной зоны. – 2021. – Т. XXXIX, № 3. – С. 180–190.
12. Кентбаева, Б.А. Изменчивость содержания хлорофилла в хвое биоты восточной при интродукции / Б.А. Кентбаева, Е.Ж. Кентбаев, К.П. Мурадов, Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов // Ландшафтная архитектура и природообустройство: от проекта до экономики – 2024. Матер. XIII Междунар. науч.-практ. конф. : г. Саратов – Нижний Новгород, 4-5 апреля 2024 г. Саратов – Нижний Новгород : Вавиловский университет, НГАТУ, 2024. – С. 204–213.
13. Кулагин, Ю.З. Древесные растения и промышленная среда / Ю.З. Кулагин. – М.: Наука, 1974. – 125 с.
14. Кулькова, А.В. Многопараметрический анализ в оценке видоспецифичности представителей рода ель (*Picea*) / А.В. Кулькова, Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2018. – № 6. – С. 23–38. – DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.6.23.
15. Ляховенко, О.И. Основные экологические проблемы российских городов и стратегия их разрешения / О.И. Ляховенко, Д.И. Чулков // Русская политология – Russian political science. – 2017. – № 3 (4). – С. 21–26.
16. Мамаев, С.А. О проблемах и методах внутривидовой систематики древесных растений. II. Амплитуда изменчивости / С.А. Мамаев // Закономерности формообразования и дифференциации вида у древесных растений : Труды Института экологии растений и животных. – Свердловск, 1969. – С. 3–38.

17. Паникаров, И.И. Взаимозависимость параметров хвои ели колючей в определении её пылезадерживающей способности / И.И. Паникаров, Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов // Хвойные бореальной зоны. – 2023. – Т. XLI, № 6. – С. 495–503. – DOI: 10.53374/1993-0135-2023-6-495-503.
18. Паникаров, И.И. Изменчивость параметров хвои ели колючей в объектах озеленения Нижнего Новгорода / И.И. Паникаров, Н.Н. Бессчетнова, Р.А. Воробьев // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России . Материалы XX Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. – Екатеринбург : Уральский государственный лесотехнический университет, 2024. – С. 303–308.
19. Adachi, J. Phylogenetic relationships of the Berberidaceae based on partial sequences of the gapA gene / J. Adachi, K. Kosuge, T. Denda, K. Watanabe // Plant Systematics and Evolution. – 1995. – Vol. 9, Supplement 9. – P. 351–353. – DOI: 10.1007/978-3-7091-6612-3_37.
20. Bruce, D. Correlation alignment charts in forest research. A method of solving problems in curvilinear multiple correlation / D. Bruce, L.H. Reineke. – USA Department of Agriculture, Washington. Technical Bulletin № 210. February 1931. – 88 p. – DOI: 10.22004/ag.econ.162756.
21. Chaddock, R.E. Principles and methods of statistics / R.E. Chaddock. – Boston, New York: Houghton Mifflin Company. – 1925. – 471 p. – DOI: 10.1177/000271622612300150.
22. Doweld, A.B. New names of fossil Berberidaceae / A.B. Doweld // Phytotaxa. – 2018. – Vol. 351-, No. 1. – P. 72–80. – DOI: 10.11646/hytotaxa.351.1.6.
23. Hu, Q. Mahonia fossils from the Oligocene of South China: Taxonomic and biogeographic implications / Q. Hu, J. Huang, Y.-F. Chen, S.R. Manchester // Palaeoworld. – 2017. – Vol. 26, Is. 4. – P. 691–698. – DOI: 10.1016/j.palwor.2017.03.004.
24. Kramer, P.J. The role of physiology in forestry / P.J. Kramer // The Forestry Chronicle. – 1956. – Vol. 32, Is. 3. – P. 297–308. – DOI: 10.5558/tfc32297-3.
25. Kul'kova, A.V. Growth of Schrenk's Spruce (*Picea schrenkiana*) Seedlings Related to the Pre-Sowing Stimulating Seed Treatment / A.V.Kul'kova, N.N. Besschetnova, V.P. Besschetnov, Y.Zh. Kentbaev, B.A. Kentbaeva // Russian Forestry Journal. – 2022. – No. 4. – P. 39–51. – DOI: 10.37482/0536-1036-2022-4-39-51.

DOI 10.21178/160524.29

УДК 630*165*4, 630*232

Состояние клонов триплоидной осины на лесной плантации в Ленинградской области

© А.К. Бойцов*, А.В. Жигунов, В.С. Зимирева

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова,
Институтский переулок, д. 5, Санкт-Петербург, 194021, Россия

В данном исследовании были изучены биометрические параметры и фитопатологическое состояние клонов триплоидной осины на лесной плантации в Ленинградской области. Исследование показало, что линии f. 6 и f. 11 имеют более высокие значения высоты и диаметра по сравнению с порослевой осиной (контролем), что свидетельствует об их потенциале для создания лесных плантаций. Генотип линии f. 6 оказался наиболее перспективным как в 13, так и в 19 лет. Линия f. 4, хотя и имеет более узкий разброс по параметрам, отреагировала на появление морозобойных трещин и обдира коры, что отразилось на сохранности и продуктивности. Вместе с тем на стволах всех линий отсутствуют плодовые тела, а также гниль внутри модельных деревьев, что свидетельствует о высокой устойчивости к корневой губке.

In this study, the biometric parameters and phytopathological condition of triploid aspen clones on a forest plantation in the Leningrad region were studied. The study showed that the lines f. 6 and f. 11 have higher values of height and diameter compared to the aspen growth (control), which indicates their potential for the creation of forest plantations. The genotype of the f. 6 line turned out to be the most promising at both 13 and 19 years of age. The f. 4 line, although it has a narrower spread in parameters, reacted to the appearance of frost-breaking cracks and bark peeling, which affected safety and productivity. At the same time, there are no fruit bodies on the trunks of all lines, as well as rot inside the model trees, which indicates a high resistance to root sponge.

Введение

Осина, или тополь дрожащий (*Populus tremula* L.) является одной из наиболее распространенных древесных пород в лесах Северо-Запада России, морозостойка и засухоустойчива. Растет даже в степи на засоленных почвах, принимая в таком случае вид кустарника [1]. Занимая большой ареал с различными природными зонами, она принимает большое участие в образовании древесной растительности различных типов. Осина отличается большим внутривидовым разнообразием [2], имеет как ареальные, так и морфологические формы. Для выращивания лесных плантаций наиболее перспективны триплоидные формы осины. Триплоидная осина отличается от обычной увеличенным размером клеток тканей, в том числе волокон либриформа, высокой продуктивностью вегетативной массы, устойчивостью к гнили и высоким качеством древесины [3, 4, 5].

Актуальность исследования подтверждают американские ученые, которые рассмотрели широкое распространение триплоидной формы у североамериканской осины (*Populus tremuloides* Michx.) [6]. По мнению этих авторов, осина является идеальным видом для решения вопросов о вариации клональности и плоидности из-за ее обширного географического и климатологического ареала. Их исследования показали, что наиболее

крупные экземпляры были триплоидными. В другом исследовании, проведенном в Америке, с помощью различия цитотипов между диплоидными и триплоидными клонами осины, выведенного с использованием дендрохронологических методов [7], установлено, что триплоидные осины росли быстрее, чем диплоидные, и что это различие наиболее выражено на ранних этапах развития древостоя. Также в Германии триплоидные формы осины демонстрировали высокие показатели роста [8], где эксперименты по скрещиванию привели к получению двух быстрорастущих миксоплоидных клонов, которые имели стабильно высокий прирост.

Особую хозяйственную ценность представляют триплоидные формы осины (*Populus tremula* L.) отличающимися быстрым ростом и высокой устойчивостью против гнили, описанные российскими учеными А.С. Яблоковым и С.П. Иванниковым в 1940-х – 1950-х годах [3, 5, 9]. Женский клон исполинской формы в Обоянском лесхозе Курской области в возрасте 50 лет имел максимальную высоту 33 м (средняя высота при этом равнялась 28 м), максимальный диаметр – 68 см (средний диаметр – 42 см) с запасом 476 м³/га [10]. Высота осины значительно превышает высоту осины обыкновенной, а также значения диаметров, что говорит о значительно большей производительности первой.

На сегодняшний день также продолжаются исследования по использованию триплоидных форм осины. Так, ученые на опытном объекте в Шарьинском районе Костромской области установили, что исполинская осина обладает устойчивостью к стволовой гнили, вызываемой ложным осиновым трутовиком [11, 12, 13]. До 50-летнего возраста процент зараженности исполинской осины не превышал 10%, в то время как обычная осина в этом же возрасте поражена стволовой гнилью практически на 100%.

В ФГБУ «ВНИИЛГИСбиотех» в коллекции клонов ценных генотипов быстрорастущих древесных пород имеется один клон триплоидной осины (№ 15-01). В возрасте 41 года дерево имело высоту 29,7 м, диаметр ствола - 42,4 см, объем ствола - 1,6 м³ [4].

Перспективность триплоидной осины для производства сырья при плантационном выращивании подтверждают и наблюдения в Ленинградской области [14, 15, 16].

Целью проведенного нами исследования является результат оценки биометрических параметров клонов триплоидной осины, а также их фитопатологического состояния в условиях Ленинградской области.

Объект и методы исследования

Объектом исследования является лесная плантация клонов триплоидной осины, заложенная в 2004 году в 49 квартале Дружносельского лесничества в Гатчинском районе Ленинградской области.

Культуры закладывались по схеме 3,5 × 1,5 м и размножены методом *in vitro* от произрастающих элитных клонов осины в Костромской области. Клоны, использованные при создании культур, представлены следующими линиями: f. 4 (клон 35), f. 6 (клон 36) – культура микропобегов получена методом индукции органогенеза в каллусной культуре; f. 11 (клон 35) – культура микропобегов получена методом индукции органогенеза на первичном экспланте [16]. На основе этого материала был создан поликлональный опытный участок в составе 320 растений.

Первоначальный план посадки различных клонов был утерян. В попытках восстановить план, все деревья были поделены на три группы по молекулярным межмикросателитным маркерам (ISSR) (рис. 1) [15]. При работе было исследовано восемь праймеров и только три из них (НВ12, М12С, М10) давали достаточно полное электрофоретическое распределение ампликонов. При этом праймеры НВ12 и М14 позволяли различить только две группы растений, а праймер М12С – три группы. Праймер М12С позволял анализировать 20 локусов, 15 из которых оказались полиморфными. В результате анализа по молекулярным межмикросателитным маркерам (ISSR) первая группа – это линия f. 6, вторая группа – f. 11 и третья – f. 4.

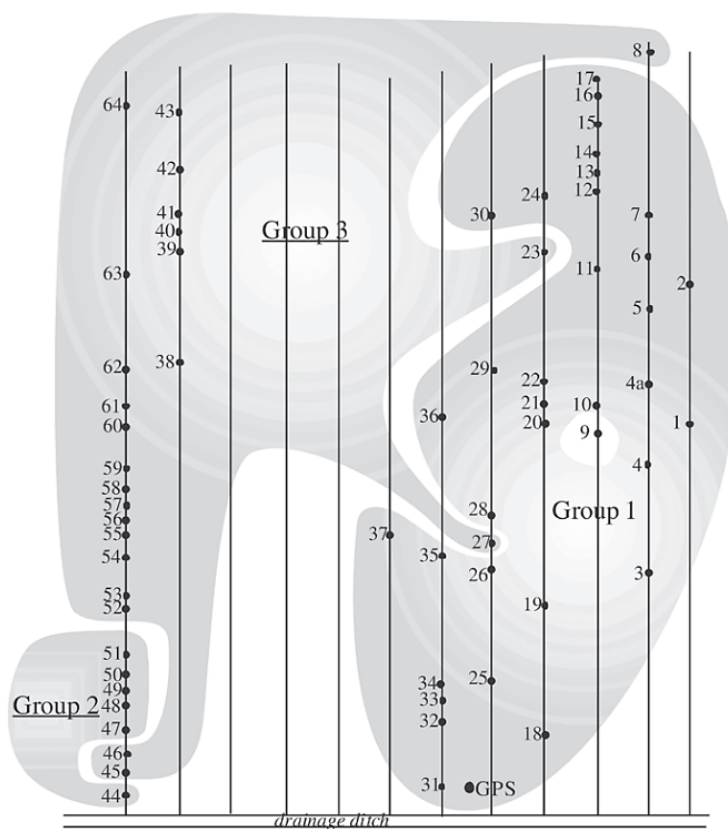


Рис. 1. Расположение трех генетических групп триплоидной осины на экспериментальной плантации в 2018 г. (обозначение «*drainage ditch*» – дренажная канава [4])

Ранее уже проводились исследования роста вышеупомянутых клонов триплоидной осины [14, 15]. В возрасте 7-9 лет все три линии росли хуже, чем порослевая осина (*Populus tremula* L.). Однако, начиная с 13 лет, линия f. 6 и f. 11 обошли ее в росте. Лучшие деревья из линии f. 6 достигли высот 15-16 м и диаметром 16-17 см в возрасте 13 лет, а генотип этой группы был предложен как наиболее перспективный для размножения на опытных плантациях Ленинградской области.

Осенью 2023 года исследование продолжилось и были произведены замеры биометрических параметров триплоидной осины, а также контроля (порослевой осины того же возраста). Высота определялась высотомером, а диаметр измерялся на высоте груди мерной вилкой. При замерах растений отмечалось их фитопатологическое состояние и наличие повреждений бобрами и лосями. Обработка биометрических данных растений производилась с помощью MS Excel.

Результаты исследования

Для оценки различий по биометрическим параметрам линий были построены боксплоты (рис. 2).

Согласно вышепредставленным данным, высота линии f. 6 колеблется от 13,4 до 23,8 м со средним значением $18,4 \pm 3,01$ м, а f. 11 характеризуется разбросом от 8,2 до 20,2 м, где средняя высота в этой группе составляет $16,5 \pm 5,59$ м. Линия f. 11, как и f. 6, имеет в среднем более высокие значения высоты по сравнению с контролем, где контроль имеет среднюю высоту 15,3 м с диапазоном от 10,0 до 19,9 м, что указывает на более устойчивый диапазон высот. Высота линии f. 4 варьирует от 11,8 до 18,8 м, со средним значением $14,3 \pm 2,36$ м. По сравнению с контрольной группой, у f. 4 средняя высота ниже, но имеет более узкий разброс по сравнению с линиями f. 6 и f. 11.

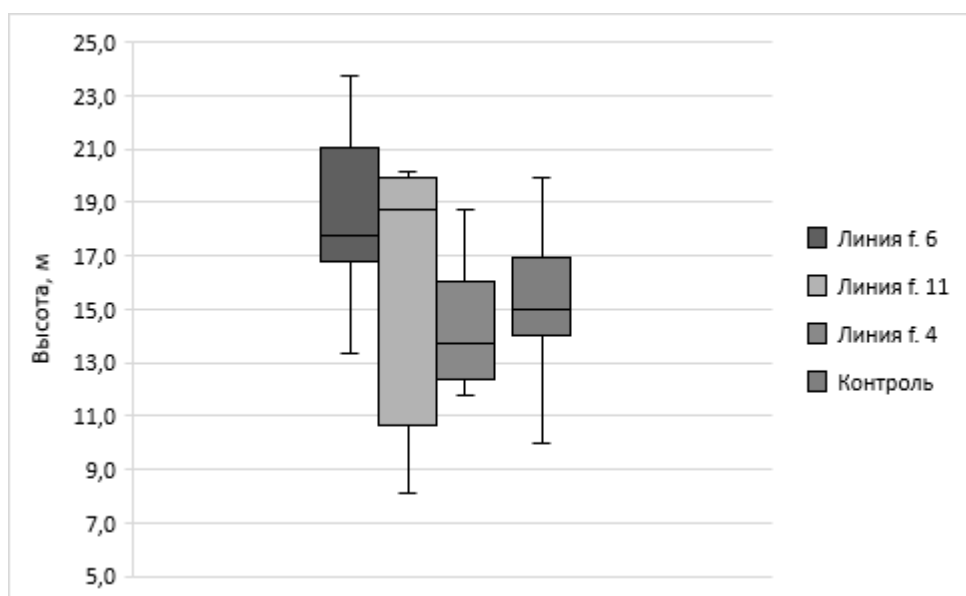


Рис. 2. Значения высот триплоидной и корнеотпрысковой осины в 49 квартале Дружносельского лесничества в Гатчинском районе Ленинградской области в 2023 году

Значения диаметров на высоте груди трех линий триплоидной осины и контроля представлены на рисунке 3.

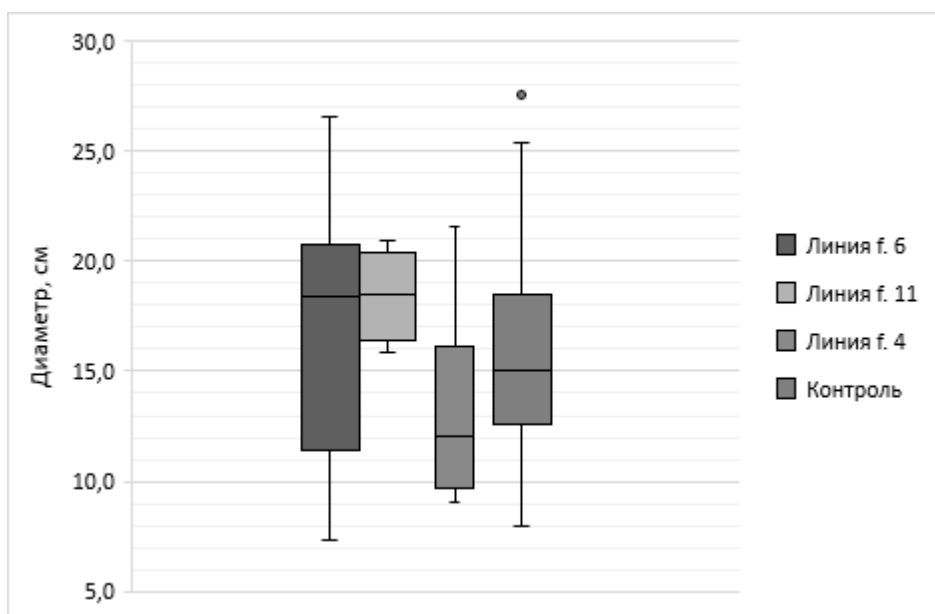


Рис. 3. Значения диаметров триплоидной и корнеотпрысковой осины в 49 квартале Дружносельского лесничества в Гатчинском районе Ленинградской области в 2023 году

Исходя из представленных данных рисунка 3, клоны триплоидной осины линии f. 6 характеризуются наибольшим разбросом по диаметру, варьирующимся от 7,3 до 26,6 см, со средним значением $16,7 \pm 6,05$ см. Линия f. 11 имеет наименьший разброс по диаметру, от 15,9 до 20,9 см, со средним диаметром $18,5 \pm 2,08$ см. Средний диаметр f. 4 составляет $13,4 \pm 4,26$ см, с минимальным значением 9,1 см и максимальным 21,6 см. Контрольные особи имеют средний диаметр $15,8 \pm 4,52$ см. Несмотря на выброс в контрольной группе, линии f. 6 и f. 11 превосходят контроль по диаметру, а f. 4 уступает контролю. Лучшее дерево линии f. 6 в возрасте 19 лет достигло 23,8 м высоты и 26,6 см диаметром.

Для точной оценки продуктивности элитных клонов триплоидной осины в условиях Ленинградской области проводилось наблюдение за их состоянием, включая сломленные

деревья, засыхание, обдир коры, морозобойные трещины, повреждения бобрами и лосями. Сохранность в 2023 году составила 9 %. Из числа растений линии f. 6 с 2018 года 10 штук были повалены бобрами. Растения f. 11 и f. 4 бобрами не повреждались. Это объясняется близким расположением реки со стороны линии f. 6.

Три особи из линии f. 11 и f. 4 имеют обдир коры вследствие повреждения их лосями. Два растения f. 4 повреждены морозобойной трещиной. Морозобойные трещины и обдир коры на стволе могут приводить к снижению устойчивости дерева к стволовым гнилям, к снижению ветроустойчивости и продуктивности, что однозначно и оказало влияние на линию f. 4, которая имеет наименьшие показатели высоты и диаметра в сравнении с контролем, а также большое количество засохших растений. Однако по внешним признакам на осинах всех линий плодовых тел не обнаружено, как и гнили внутри модельных деревьев, в отличие от порослевой осины того же возраста (рис. 4).



А Б
Рис. 4. Модельное дерево чистой древесины триплоидной осины (А) и сердцевинная гниль порослевой осины (Б) того же возраста в 19 лет

Заключение

Таким образом, проведенное исследование позволило оценить биометрические параметры и фитопатологическое состояние клонов триплоидной осины на опытной плантации в условиях Ленинградской области. Анализ хода роста показал, что линия f. 6 и f. 11 демонстрируют более высокие значения по сравнению с контролем, что свидетельствует об их потенциале для дальнейшего размножения и выращивания. Генотип f. 6 и в 13 лет, и в 19 является наиболее перспективным для размножения в Ленинградской области. Линия f. 4, хотя и имеет более узкий разброс по высоте и диаметру, испытывает негативные воздействия от повреждений коры и морозобойных трещин, что отрицательно сказалось на их устойчивости и продуктивности. Важно отметить, что все линии по внешним признакам не имели плодовых тел, как и гнили внутри них обнаружено не было, что говорит об устойчивости к этому заболеванию. Несмотря на различные факторы, влияющие на состояние растений, исследование продолжает давать ценные результаты, которые могут быть использованы для улучшения практик выращивания осины, а также создания лесных плантаций в данном регионе.

*E-mail автора для переписки: A.K.Boitsov@yandex.ru

Литература

1. Богданов, П.Л. Тополя и их культура: монография. 2-е изд., перераб / П.Л. Богданов. – М.: Лесная пром-сть, 1965. – 103 с.
2. Бойцов, А.К. Десятилетние селекционные испытания по выращиванию клонов гибридной осины и других гибридных тополей в условиях северо-запада России / А.К. Бойцов, А.В. Жигунов

- // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2023. – № 3. – С. 38-52. – DOI 10.21178/2079-6080.2023.3.38. – EDN RZCNXP.
3. Иванников, С.П. Быстрорастущая и устойчивая к гнили форма осины / С.П. Иванников // Лесное хоз-во. – 1952. – № 12. – С. 37-38.
 4. Царев, В.А. Перспективы выращивания триплоидной осины с использованием биотехнологии *in vitro* / В.А. Царев, Н.И. Животягина, Е.А. Шабанова // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. – 2021. – Т. 24. – С. 181-184. – EDN NKVEIJ.
 5. Яблоков, А.С. Воспитание и разведение здоровой осины / А.С. Яблоков. – М.; Л. : Гослесбумиздат, 1949. – 276 с.
 6. Mock, K.E. Widespread triploidy in western North American aspen (*Populus tremuloides*) / K.E. Mock, M. Colin, M. Callahan [et al.] // PLoS One. – 2012. – Т. 7. – №. 10. – С. e48406.
 7. DeRose, R.J. Cytotype differences in radial increment provide novel insight into aspen reproductive ecology and stand dynamics / R.J. DeRose, K.E. Mock, J.N. Long // Canadian Journal of Forest Research. – 2015. – Т. 45. – №. 1. – С. 1-8.
 8. Ulrich, K. Breeding triploid aspen and poplar clones for biomass production / K. Ulrich, D. Ewald // *Silvae Genetica*. – 2014. – Т. 63. – №. 1-6. – С. 47-58.
 9. Иванников, С.П. Селекция осины в лесостепи на быстроту роста, устойчивость против гнили и качество древесины / С.П. Иванников. // Опыт и достижения по селекции лесных пород. – М. : М-во сельского хозяйства СССР, 1959. – Вып. 38. – С. 63-123.
 10. Иванников, С.П. Тополь / С.П. Иванников. – М. : Лесная пром-сть, 1980. – 85 с.
 11. Багаев, Е.С. Особенности роста и продуктивности осины триплоидной (*Populustremulagigas*) в условиях Костромской области / Е.С. Багаев, С.С. Макаров // Актуальные проблемы ботаники и охраны природы: Сборник научных статей Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения профессора Г.Ф. Морозова, Симферополь, 28–30 ноября 2017 года / Под редакцией С.Ф. Котова. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2017. – С. 220-223. – EDN YGDPI.
 12. Багаев, Е.С. Особенности роста и продуктивности триплоидных форм осины в Костромской области / Е.С. Багаев, А.И. Чудецкий, С.С. Макаров // Лесное хозяйство: актуальные проблемы и пути их решения: Сборник научных статей по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 70-летию Владимира Петровича Бессчетнова, заведующего кафедрой "Лесные культуры" Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, доктора биологических наук, профессора и 30-летию высшего лесного образования в Нижегородской области, Нижний Новгород, 25 ноября 2022 года / Под общей редакцией Н.Н. Бессчетновой. – Нижний Новгород: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия», 2022. – С. 68-72. – EDN NDWLWV.
 13. Багаев, Е.С. Оценка возможности использования быстрорастущих форм осины для закладки лесосырьевых плантаций с коротким оборотом рубки / Е.С. Багаев, А.И. Чудецкий, С.С. Макаров // Лесохозяйственная информация. – 2023. – № 1. – С. 55-67. – DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2023.1.05. – EDN HXQANT.
 14. Zhigunov, A.V. Fast and cheap identification of elite aspen clones in the North-West of Russia using ISSR markers / A.V. Zhigunov, M.V. Lebedeva, D.A. Shabunin, O.Y. Butenko // *Folia Forestalia Polonica*. – 2018. – Т. 60, №. 4. – С. 207-213.
 15. Zhigunov, A.V. Identification of elite aspen clones in the experimental plantation in the North-West of Russia / A.V. Zhigunov, D.A. Shabunin, O.Yu. Butenko, M.V. Lebedeva // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2017. – № 4. – С. 39-47.
 16. Жигунов, А.В. Лесные плантации триплоидной осины, созданные посадочным материалом *in vitro* / А.В. Жигунов, Д.А. Шабунин, О.Ю. Бутенко // Вестник Поволжского гос. технологич. ун-та. Сер. : Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 4 (24). – С. 21-30.

DOI 10.21178/160524.35

УДК 630*165.6; 630*232.1

Моделирование рубок ухода различной интенсивности в испытательных культурах основных лесообразующих пород

© А.С. Бондаренко

*ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства»,
194021 Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Институтский пр., 21*

Работа посвящена моделированию влияния различных методов и интенсивности разреживания на эффективность отбора элитных семей в испытательных культурах ели европейской и сосны обыкновенной. Исследования выполнены в испытательных культурах ели европейской и сосны обыкновенной в возрасте от 16 до 37 лет. Интенсивность разреживания – от 20 до 80 %. При всех применённых методах разреживания интенсивность удаления растений ниже 67 % позволяет сохранить исходные достоверные различия между семьями. Показана нецелесообразность разреживания испытательных культур по низовому методу, а также высокая стабильность рангового положения быстрорастущих семей.

The work is devoted to modeling the influence of various methods and intensity of thinning on the effectiveness of the tree breeding in *Picea abies* L. and *Pinus sylvestris* L. progeny tests aged 16 to 37 years old. The intensity of thinning are ranged from 20 to 80 %. With all the applied thinning methods, the intensity of plant removal below 67% allows to preserve initial reliable differences between families. The inexpediency of progeny tests thinning using the grassroots method is shown, as well as the high stability of the rank position of fast-growing families.

Мероприятия по повышению продуктивности создаваемых насаждений в Российской Федерации выполняются, прежде всего, на основе применения методов плюсовой селекции лесных древесных растений [1-2]. Одним из ключевых составляющих элементов системы лесного селекционного семеноводства являются испытательные культуры, которые представляют собой лесные культуры, создаваемые по специальным методикам семенным потомством плюсовых деревьев, плюсовых насаждений, лесосеменных плантаций и постоянных лесосеменных участков с целью их генетической оценки. В настоящее время для поддержания устойчивости и сохранения функциональности данных объектов в большинстве из них требуется проведение рубок ухода [3-4]. Выполнение текущих уходов за испытательными культурами направлено в первую очередь на выявление среди плюсовых деревьев наиболее ценных генотипов, устойчиво передающих семенному потомству ценные хозяйственные признаки. В соответствии с Правилами создания и выделения объектов лесного семеноводства (лесосеменных плантаций, постоянных лесосеменных участков и подобных объектов) [5] проведение лесохозяйственных мероприятий в испытательных культурах должно обеспечивать сохранность представленных в них семенных потомств, удаление деревьев других видов, а также самосева и поросли. Рубки в испытательных культурах осуществляются с целью повышения качества и устойчивости насаждений основной древесной породы. В связи с тем, что испытательные культуры создаются для сравнительной оценки скорости роста семенных потомств различных генотипов в первую

очередь необходимо оценить степень генетически обусловленной неоднородности в данной конкретной выборке. Окончательная генетическая оценка плюсовых деревьев проводится в возрасте их семенных потомств не менее 1/2 возраста рубки или возраста спелости, принятого для данного вида лесных растений в конкретной лесорастительной зоне. Возраст оценки показателей скорости роста для генотипов древесных растений определяется моментом относительной стабилизации рангов средних высот растений конкретной древесной породы в наиболее распространенных условиях местопроизрастания. Оценки возраста, при котором происходит стабилизация рангов высот древесных растений, позволяющая производить сравнительную оценку их генетической ценности и, следовательно, предсказывать преобладание в будущем по высоте тех или иных генотипов существенно различаются [6–8].

На основе изучения влияния рубок ухода на показатели генетически обусловленного варьирования количественных показателей и соответствующих оценок наследуемости были получены данные о том, что коэффициенты наследуемости в молодняках без рубок оказались выше, чем в насаждениях, пройденных рубками ухода [9]. При этом исследователи отмечают, что эффект проведения рубки как в варианте удаления целых рядов опытного участка, так и отдельных случайных деревьев сказывается не на изменении показателей варьирования факторов, составляющих коэффициент наследуемости, а за счёт увеличения стандартной ошибки вследствие снижения количества наблюдений. При учёте этого фактора при использовании компьютерного моделирования получены сопоставимые оценки наследуемости как до рубки, так и через 3-5 лет после рубок ухода. В качестве одного из вариантов решения этой проблемы исследователи предлагают оценивать не все растения опыта, а использовать оценку исключительно по так называемой «верхней высоте», то есть включать в расчёты исключительно самые крупные растения [10]. Тем не менее, необходимо отметить, что даже при высокой интенсивности отбора в искусственных популяциях сосны обыкновенной основные генетические показатели остаются стабильно высокими [11]. Такая устойчивость позволяет использовать испытательные культуры, в том числе и в качестве коллекционных культур без опасности повышения уровня инбридинга в популяции. Тем не менее, имеются данные и о том, что рубки ухода в испытательных культурах приводят к заметному снижению оценок наследуемости и возрастных корреляций [12]. Необходимо проведение исследований по выполнению моделирования влияния различных методов рубок ухода на основные количественные параметры испытательных культур и, соответственно, на полученные в результате последующего исследования таких объектов сравнительные оценки роста и развития семенных потомств плюсовых деревьев. В результате такой оценки становится возможным получить клоновый материал для закладки лесосеменных плантаций второго порядка, продуцирующих элитные семена.

Объекты и методика

Объектами исследования являются испытательные культуры сосны обыкновенной и ели европейской Ленинградской области. В частности, выполнено обследование участка испытательных культур ели европейской в кв. 161 Гостилицкого участкового л-ва Ломоносовского л-ва площадью 4,2 га, включающего 90 семей плюсовых деревьев, возраст культур на момент обследования составил 37 лет. Участок испытательных культур сосны обыкновенной был обследован в кв. 37 Пригородного участкового л-ва Тихвинского л-ва площадью 3,0 га. Данные испытательные культуры содержат 44 семьи плюсовых деревьев сосны обыкновенной. Возраст культур на момент обследования – 16 лет. Кроме того, обследовался участок испытательных культур сосны обыкновенной, расположенный в кв. 59 выд. 7 Елизаветинского участкового л-ва Гатчинского л-ва площадью 6,5 га (включает 38 семей плюсовых деревьев). Возраст культур – 18 лет. На участках испытательных культур выполнено сплошное измерение диаметра ствола

мерной вилкой с точностью до 1 мм. Для оценки влияния интенсивности и метода удаления деревьев основной породы на результативность опыта по испытанию основных лесобразующих пород выполняется компьютерный модельный эксперимент с формированием выборок из исходной совокупности деревьев в изучаемых культурах, различающихся методом отбора растений по типу выборки (регулярная либо случайная выборка), а также по её интенсивности, которая рассчитывается как отношение количества удаляемых растений к их исходному количеству при создании испытательных культур (уточняется по документации, составленной при создании культур). При моделировании разреживания применяется общая интенсивность от 20 до 80 % по градациям для регулярных выборок:

- 20 % (удаление каждого пятого растения из пяти последовательных растений в ряду испытательных культур);
- 25 % (изъятие каждого четвёртого растения в ряду);
- 33 % (удаление каждого третьего растения);
- 50 % (удаление растений через одно, то есть каждое второе в ряду);
- 67 % (удаляются подряд два из трёх последовательных растений, то есть каждое третье растение сохраняется);
- 75 % (удаляются подряд три из четырёх растений в ряду испытательных культур, то есть «три подряд удаляем, четвёртое оставляем»);
- 80 % (последовательное удаление в ряду подряд четырех из пяти растений, то есть «четыре удаляем, пятое оставляем» и так во всём ряду испытательных культур).

Интенсивность разреживания менее 20 % не используется, поскольку такая низкая интенсивность разреживания по соотношению «эффективность ухода – влияние на постановку полевого опыта» может нанести больше вреда, чем пользы опыту по испытанию генотипов. Аналогично интенсивность разреживания превышающая 80 % также не рассматривается по отношению к испытательным культурам, так как разреживание древостоя с такой высокой интенсивностью может неблагоприятно повлиять на результаты сравнительной оценки скорости роста семей и контроля.

При моделировании удаления растений основной древесной породы в испытательных культурах используются два основных метода выборки: «по сохранившимся растениям» и «по посадочным местам». При использовании метода «по сохранившимся растениям» в качестве единицы учёта используется только растение, имеющееся в испытательных культурах на момент выполнения учёта, пустое посадочное место (в процессе роста насаждения растение погибло) не рассматривается как учётная единица. Если же в модельном эксперименте используется метод выборки «по посадочным местам», в качестве единицы учёта используются все растения, в соответствии с исходной схемой смешения, как живые, так и выпавшие к моменту учёта (идентифицируются на основе замеров исходя из информации о шаге посадки культур, по остаткам пней и т. д.).

При использовании случайной выборки растения из исходной совокупности назначаются к удалению в соответствии с установленной заранее статистической вероятностью, реализованной в электронных таблицах MS Excel либо в специализированных статистических программах типа StatSoft Statistica. При этом для сопоставимости результатов методов отбора по регулярному и случайному типу применяются одни и те же градации интенсивности отбора (как уже отмечалось выше это интенсивность 20, 25, 33, 50, 67, 75 и 80 %). В случае применения случайной выборки удаляется фиксированная (в соответствии с приведенными значениям интенсивности) доля растений от их исходного количества при создании испытательных культур (вариант «по посадочным местам») либо от количества на момент обследования (вариант «по сохранившимся растениям») без учёта семейственной принадлежности особей (нестратифицированная статистическая выборка). При таком подходе в силу случайных факторов в каждую из семей может попасть разная относительная доля растений.

Например, на участке в кв. 161 Гостилицкого участкового л-ва Ломоносовского л-ва при общей интенсивности случайного отбора растений 50 % в рамках различных семей по факту оказалось от 32 % до 83 % растений от их исходного количества в семье. Плюсом случайной выборки является тот факт, что её использование позволяет сформировать практически неограниченное количество выборок. В этом существенное отличие случайной выборки от регулярной, где по объективным причинам, например, для интенсивности 50 % возможно сформировать только две выборки со смещением на одно растение.

Результаты и обсуждение

Для оценки взаимосвязи между интенсивностью выборки деревьев основной породы в испытательных культурах и степенью изменения значений основных селекционно значимых биометрических показателей вследствие такой выборки оценивали уровень влияния разреживаний различной интенсивности в испытательных культурах на уровень корреляции между значениями биометрических показателей исходной (испытательные культуры на момент обследования) и выборочной совокупности (после удаления части деревьев) для всех измеренных средних значений диаметра ствола для всех семей.

При выполнении «удаления» деревьев (в реальности деревья не удаляются, производится только компьютерное моделирование результатов такого изъятия растений на основные биометрические показатели насаждения) по методу «по посадочным местам» для регулярных выборок в испытательных культурах ели европейской получена закономерность, приведённая на рисунке.

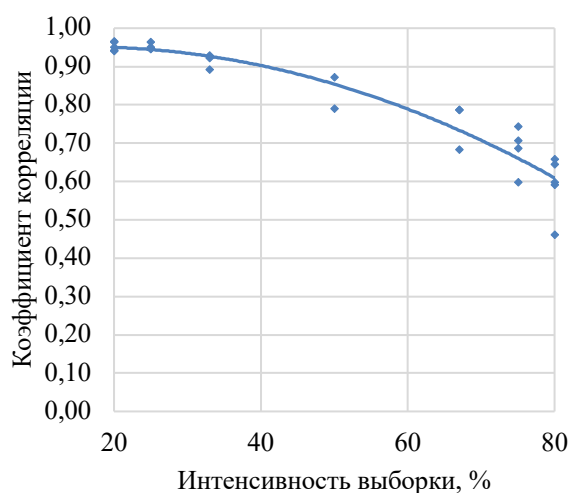


Рис. Зависимость коэффициента корреляции «исходная совокупность-насаждение после регулярной выборки» от интенсивности выборки для диаметра ствола деревьев (кв. 161 Гостилицкого участкового л-ва Ломоносовского л-ва)

В соответствии с полученным графиком в испытательных культурах ели европейской наблюдается плавное снижение корреляции при увеличении интенсивности выборки от 20 % до 80 % исходной совокупности: при минимальной интенсивности 20-40 % корреляция между исходной совокупностью и выборками очень высока и превышает 0,9, в дальнейшем она плавно снижается. Тем не менее, необходимо отметить, что даже при очень высокой интенсивности разреживания, составляющей 80 % от исходного количества растений в культурах наблюдается сравнительно высокий уровень корреляции между исходной совокупностью и выборками около 0,6.

Для сосны обыкновенной уровень корреляции между биометрическими показателями растений в исходной совокупности семей плюсовых деревьев и выборках ещё более выражена при повышении интенсивности выборки в испытательных культурах.

В частности, в случае регулярной выборки при увеличении интенсивности удаления растений от 20 до 80 % общего количества в исходной совокупности коэффициент корреляции между исходной совокупностью и выборкой начинается также начинается со значений порядка 0,95-0,99 постепенно снижаясь до значений около 0,8 при наибольшей интенсивности выборки 80 %. В варианте со случайной выборкой для сосны обыкновенной при отборе растений «по посадочным местам» закономерность практически неизменна: начиная от очень высоких значений коэффициентов корреляции, составляющих 0,96-0,97 при интенсивности выборки 20 % постепенно снижается до значений 0,60-0,85 (среднее 0,77) при интенсивности выборки 80 %.

Для сравнения значений коэффициентов корреляции между исходной и выборочной совокупностью было выполнено сравнение полученных данных с результатами моделирования классического низового метода рубки, при котором удаляются все растения диаметром ниже среднего значения (при таком подходе интенсивность составила около 50 %). В этом случае коэффициент корреляции между средними семейственными значениями диаметра ствола деревьев исходной совокупности и полученной выборки по низовому методу составил для ели европейской значение равное 0,75. Для сосны обыкновенной получено ещё более низкое значение коэффициента корреляции между средними семейственными значениями диаметра ствола деревьев исходной совокупности и полученной выборки по низовому методу (интенсивность 50 %) равное 0,38, что существенно ниже значений, полученных нами для регулярных и случайных выборок. Следовательно, применение разреживания испытательных культур по низовому методу не даёт необходимого результата с точки зрения поддержания необходимого уровня стабильности рангового статуса семей плюсовых деревьев в испытательных культурах ели европейской и сосны обыкновенной. В связи с этим, стандартный метод разреживания по низовому методу в соответствии с Правилами ухода за лесами [13] в отношении испытательных культур применять опасно из-за непредсказуемости последствий таких мероприятий для результативности полевого опыта по испытанию семей плюсовых деревьев.

С целью оценки силы влияния интенсивности выборки деревьев основной породы в испытательных культурах сосны обыкновенной и ели европейской на селекционно значимые показатели полевого опыта выполнен дисперсионный анализ влияния семейственной принадлежности растений на значение диаметра ствола дерева (основной биометрический показатель). Прежде всего рассматривали значение F-критерия Фишера и соответствующий ему уровень достоверности различий между семьями плюсовых деревьев для выборок различной интенсивности при использовании метода «по посадочным местам». По результатам такого анализа наблюдаются достоверные различия между семьями практически для всех выборок, за исключением очень небольшого количества при самых высоких интенсивностях разреживания 75 % и 80 %. При этом значение F-критерия закономерно снижается от наибольшего в исходной совокупности ($F = 3,04$) к выборкам с наибольшей интенсивностью, где статистические различия между выборками наименьшие. Так, например, среднее значение F-критерия для выборок интенсивностью 80 % составляет 1,40. Таким образом, эффективность отбора плюсовых деревьев в испытательных культурах вследствие выполнения разреживания высокой интенсивности несколько снижается, но всё-таки остаётся достаточно высокой даже при максимальных уровнях интенсивности разреживаний. Для сопоставления картины относительного положения семей плюсовых деревьев в исходной совокупности и выборках различной интенсивности также изучали динамику изменения рангового положения семей плюсовых деревьев, существенно различающихся по ранговому положению в общей совокупности. Такие исследования также продемонстрировали высокую стабильность рангового положения семей плюсовых деревьев даже при очень высоких интенсивностях разреживания 80%. Кроме того, отмечена более высокая

стабильность рангового положения быстрорастущих семей и относительную подвижность, лабильность рангового статуса медленнорастущих семей в насаждениях.

Выводы

По результатам исследований, выполненных в испытательных культурах сосны обыкновенной и ели европейской можно сформулировать следующие краткие выводы:

- при увеличении интенсивности разреживания от 20 до 80 % от исходной совокупности как для ели европейской, так и для сосны обыкновенной уровень корреляции между исходной совокупностью и выборками плавно снижается. Наблюдаются сопоставимые значения коэффициентов корреляции между значениями диаметра ствола исходной совокупности и выборок по грациям интенсивности: от 0,93-0,99 для интенсивности выборок 20 % до 0,43-0,82 для интенсивности выборок 80 %;

- наблюдаются высокая стабильность рангового положения быстрорастущих семей и относительная подвижность, лабильность рангового статуса медленнорастущих семей в насаждениях при выполнении разреживаний различной интенсивности;

- наблюдаются достоверные различия между семьями для всех выборок интенсивностью ниже 67 %. Доля выборок с недостоверными различиями между семьями при интенсивности разреживания 67 % составляет менее 3 % для различных объектов и различных методов формирования выборок. Доля выборок с недостоверными различиями между семьями при интенсивности разреживания 75-80 % составляет от 6 до 56 % для различных объектов и различных методов формирования выборок;

- применение разреживания испытательных культур по низовому методу не даёт необходимого результата с точки зрения сохранения рангового статуса семей плюсовых деревьев в испытательных культурах ели европейской и сосны обыкновенной и применение такого типа разреживания испытательных культур в лесной селекции является нецелесообразным.

E-mail автора для переписки: asbond@mail.ru

Литература

1. Царев, А.П. Современное состояние лесной селекции в Российской Федерации: тренд последних десятилетий / А.П. Царев, Н.В. Лаур, В.А. Царев, Р.П. Царева // Известия вузов. Лесной журнал. – 2021. – № 6. – С. 38-55.

2. Тараканов, В.В. Лесная селекция в России: достижения, проблемы, приоритеты (обзор) / В.В. Тараканов, М.М. Паленова, О.В. Паркина, Р.В. Роговцев, Р.А. Третьякова // Лесохозяйственная информация. – 2021. – № 1. – С. 100-143.

3. Третьякова, Р.А. Состояние селекционно-семеноводческих объектов сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Новосибирской области / Р.А. Третьякова, В.В. Тараканов, О.В. Паркина // Аграрная наука – сельскому хозяйству : Сборник материалов XVII Международной научно-практической конференции. В 2-х книгах, Барнаул, 09–10 февраля 2022 года. Книга 1. – Барнаул : Алтайский государственный аграрный университет, 2022. – С. 365-366.

4. Cornacini, M. Selective thinning in provenance and progeny test of *Astronium fraxinifolium* Schott based on genetic variability / M. Cornacini, R.D. Silva, K.D. Luz, J. Cambuim, W.D. Santos, M.D. Moraes, A.D. Aguiar // Scientia Forestalis. – 2017. – Vol. 45, № 115. – P. 581–591.

5. Правила создания и выделения объектов лесного семеноводства (лесосеменных плантаций, постоянных лесосеменных участков и подобных объектов) : утв. приказом М-ва природных ресурсов Рос. Федерации от 20.10.2015 № 438 // КонсультантПлюс : офиц. сайт / Компания «КонсультантПлюс». – Электрон. справ. правовая система. – URL: <https://demo.consultant.ru> (дата обращения: 09.04.2024).

6. Демиденко, В.П. Сравнительная оценка интенсивности роста 20-летних потомств плюсовых деревьев сосны в Новосибирской области / В.П. Демиденко, В.В. Тараканов // Лесное хозяйство. – 2008. – № 5. – С. 36-37.

7. Наквасина, Е.Н. Селекционная оценка климатипов сосны обыкновенной в географических культурах Архангельской области / Е.Н. Наквасина, Т.В. Бедрицкая, О.А. Гвоздухина // Известия вузов. Лесной журнал. – 2001. – № 3. – С. 27-35.
8. Ефимов, Ю.П. Семенные плантации в лесной селекции и семеноводстве : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Ю.П. Ефимов. – Йошкар-Ола, 1997. – 45 с.
9. Matheson, A.C. Effects of thinning in progeny tests on estimates of genetic parameters in *Pinus radiata* / A.C. Matheson, C.A. Raymond // *Silvae Genetica*. – 1984. – Т. 33, № 4-5. – P. 125-128.
10. Kung, F.H. Adjustment and interpretation of progeny tests when only the best tree in each plot is measured / F.H. Kung // *Silvae Genetica*. – 1977. – Т. 26, № 2-3. – P. 117-119.
11. Fedorkov, A. Genetic gain and gene diversity following thinning in a half-sib plantation / A. Fedorkov, D. Lindgren, A. David // *Silvae Genetica*. – 2005. – Т. 54, № 1-6. – P. 185-189.
12. Wei, X. Use of individual tree mixed models to account for mortality and selective thinning when estimating base population genetic parameters / X. Wei, N.M.G. Borralho // *Forest science*. – 1998. – Vol. 44, № 2. – P. 246-253.
13. Правила ухода за лесами : утв. приказом М-ва природных ресурсов Рос. Федерации от 30.07.2020 № 534 // КонсультантПлюс : офиц. сайт / Компания «КонсультантПлюс». – Электрон. справ. правовая система. – URL: <https://demo.consultant.ru> (дата обращения: 09.04.2024).

DOI 10.21178/160524.42

УДК 630

Сравнительная оценка метеофакторов под пологом сосновых древостоев в северной тайге

© Ж.А. Бруева^{1*}, П.А. Феклистов², Е.П. Верховцева¹

¹ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»
(САФУ), Наб. Северной Двины, 17, Архангельск, 163002, Россия

²ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика
Н.П. Лаверова УрО РАН, пр. Никольский, 20, Архангельск, 163020, Россия

Исследования проведены в разных типах сосновых насаждений Архангельской области. Метеофакторы измеряли на высоте 1,3 м. Измерение освещенности проводили на высоте 1,3 м с помощью портативного люксметра «ТКА-Люкс». Температуру воздуха, влажность воздуха, скорость ветра измеряли при помощи метеометра МЭС-200. Измерения метеофакторов проводили в одно и то же время в дневные часы. Определено, что под лесным пологом образуется свой микроклимат. Установлено, что климатические показатели под пологом сосновых древостоев значительно отличаются от показателей на открытом месте.

The research was carried out in different types of pine plantations in the Arkhangelsk region. The meteorological factors were measured at a height of 1.3 m. The illumination was measured at a height of 1.3 m using a portable luxmeter "TCA-Lux". Air temperature, air humidity, and wind speed were measured using a metometer MES-200. Measurements of meteorological factors were carried out at the same time in the daytime. It is determined that a microclimate of its own is formed under the forest canopy. It has been established that the climatic indicators under the canopy of pine stands differ significantly from those in the open.

Введение

Древесный полог древостоев, в частности сосновых, оказывает существенное влияние на все живые организмы. Он создаёт среду обитания и контролирует её, а древесные породы, соответственно, относят к эдификаторам [1, 2, 3]. Хотя общее понимание этого явления имеется, но, что касается отдельных древесных пород и регионов, далеко не изучено. Между тем фитоклимат под пологом леса оказывает существенное влияние на видовой состав подроста и подлеска, его количество, на растения живого напочвенного покрова, на формирование лесной подстилки, да и в некоторой степени на стволы деревьев и на все процессы, происходящие в древостоях. На Севере детальных сведений очень мало, известны работы по микроклимату под пологом еловых древостоев [4], единичные данные, связанные с изменениями, вызванными рубками ухода [5, 6]. В связи с этим мы и поставили задачу изучить освещенность, температуру воздуха, относительную влажность воздуха и скорость ветра под пологом сосновых древостоев.

Материалы и методика

Для проведения исследований были подобраны древостои, отличающиеся по своим лесорастительным свойствам. Это были самые распространенные в Архангельской области сосняк черничный, черничный влажный и сосняк кустарничково-сфагновый. Древостои практически чистые по составу, лишь в сосняках черничных была примесь 1 единица березы. Возраст близкий, около 90 лет, бонитет 4, а в сосняке кустарничково-сфагновом 5.

Измерение освещенности проводили на высоте 1,3 м с помощью портативного люксметра «ТКА-Люкс». Температуру воздуха, влажность воздуха, скорость ветра измеряли при помощи метеометра МЭС-200. Измерения метеофакторов проводили в одно и то же время в дневные часы.

Полученные данные обработали с использованием пакета программ Microsoft Office.

Результаты и обсуждение

Анализ полученных данных показывает, что сосновые древостои существенно изменяют режим метеофакторов по сравнению с открытым местом и создают свой фитоклимат под пологом. Особенно сильное влияние оказывают сосняки разных типов леса на освещенность. Если на открытом месте освещенность составляет 20300 лкс, то в сосняке кустарничково-сфагновом всего лишь 5500 лкс, то есть она снижается в 3,6 раза (рис. 1). Приведенная освещенность на открытом месте не самая большая, в наших условиях она может достигать примерно 70000 лкс. Освещенность в сосняке черничном и сосняке черничном влажном практически не отличаются, а в сосняке кустарничково-сфагновом чуть выше, чем в черничниках.

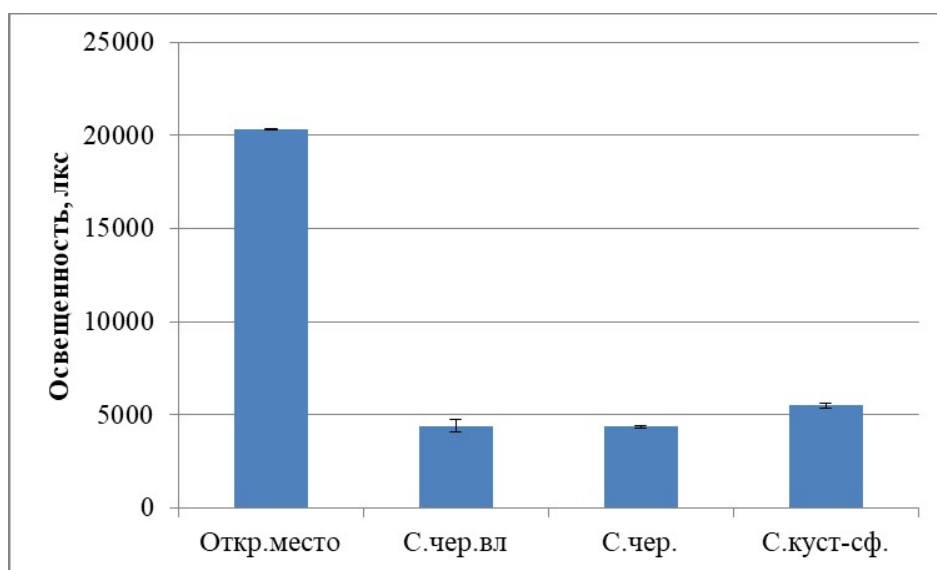


Рис. 1. Освещенность в разных типах леса

Интересно сравнение температуры. Температура воздуха под пологом всех типов леса ниже температуры на открытом месте. Если на открытом месте она составляла в среднем 20,2 °С, то в сосняке черничном 19,5 °С (рис. 2). При более влажных лесорастительных условиях, например в сосняке черничном влажном, она достоверно меньше (см. планки погрешностей), чем в черничном, но больше, чем в сосняке кустарничково-сфагновом.

В отличие от предыдущих факторов влажность воздуха под пологом сосняков выше, чем на открытом месте. Наиболее сильные различия наблюдаются в сосняке черничном влажном (рис. 3). Здесь влажность 75 %, а на открытом месте 57 %.

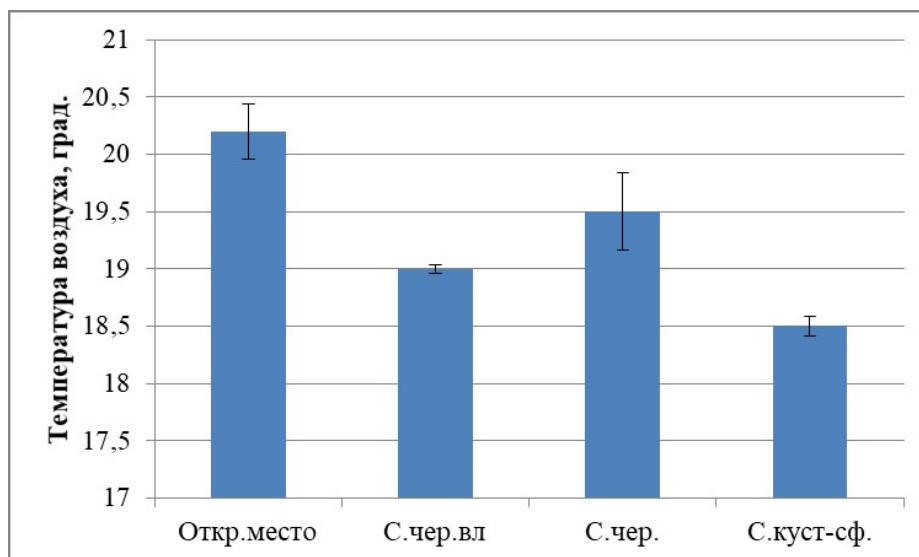


Рис. 2. Температура под пологом в разных типах леса

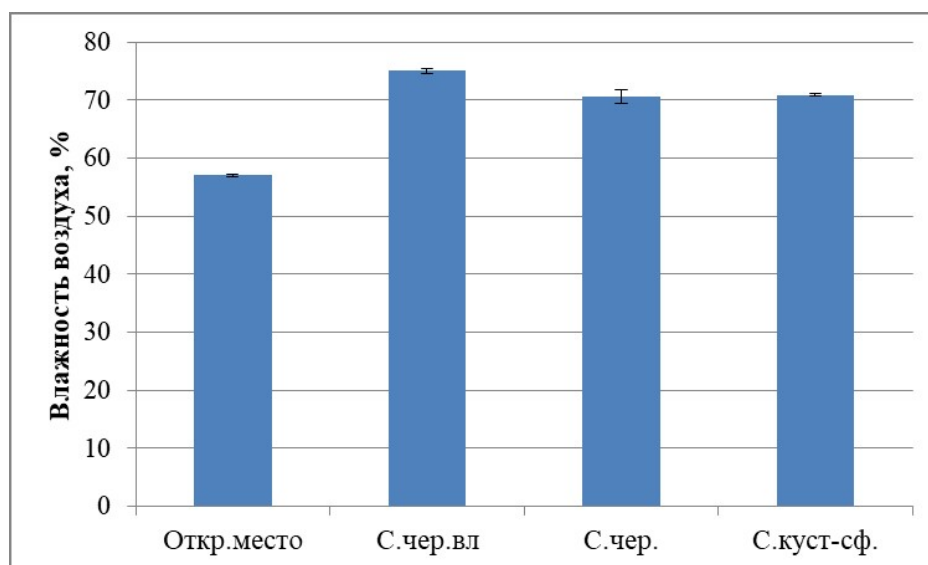


Рис. 3. Влажность воздуха под пологом в разных типах леса

Скорость ветра во время наблюдений была небольшой, но несмотря на это, под пологом леса она заметно снижалась и наиболее сильно в сосняках черничном и черничном влажном (рис. 4). Скорость ветра в этих сосняках достоверно не различалась, находилась на уровне 0,3 м/сек. По сравнению с открытым местом эти сосняки гасят скорость ветра в 2 раза. Несколько меньше снижает скорость ветра сосняк кустарничково-сфагновый.

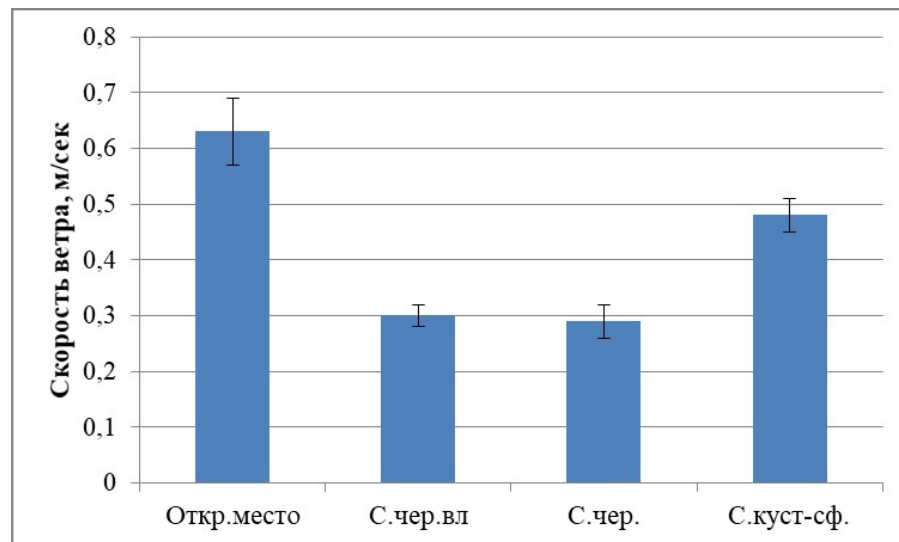


Рис. 4. Скорость ветра под пологом в разных типах леса

Вывод

Метеофакторы под пологом сосняков разных типов леса значительно отличаются от показателей на открытом месте. Освещенность меньше и составляет 21-22 % от открытого места, скорость ветра — 46-76 %, температура воздуха - 92-97 %, а вот влажность воздуха выше и составляет 124-132 %.

*E-mail автора для переписки: *bruevazh@bk.ru*

Литература

1. Одум, Ю. Основы экологии : пер. с 3-го англ. изд. / Ю. Одум ; под ред. и с предисл. д-ра биол. наук Н.П. Наумова. – М. : Мир, 1975. – 740 с.
2. Основы лесной биогеоценологии / Под ред. акад. В.Н. Сукачева и д-ра биол. наук Н.В. Дылиса; Акад. наук СССР. Ботан. ин-т и Лаборатория лесоведения. – М. : Наука, 1964. – 574 с.
3. Общая экология: Учеб. пособие для студентов пед. вузов / Н.М. Чернова, А.М. Былова. – М. : Дрофа, 2004. – 411 с.
4. Чертовский, В.Г. Еловые леса Европейской части СССР / В.Г. Чертовский. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 176 с.
5. Чибисов, Г.А. Рубки ухода и фитоклимат : монография / Г.А. Чибисов, А.И. Нефедова ; М-во природных ресурсов Российской Федерации, Северный науч.-исслед. ин-т лесного хоз-ва. – Архангельск: Северный науч.-исслед. ин-т лесного хоз-ва, 2007. – 265 с.
6. Феклистов, П.А. Изменение экологических факторов в связи с рубками ухода в северной тайге : монография / П.А. Феклистов, Д.Н. Торбик ; М-во образования и науки РФ, Сев. (Аркт.) федер. ун-т, Архангельск, 2011. – 213 с.

DOI 10.21178/160524.46

УДК 634.0.43

Почвенно-торфяные пожары в южно-таёжных заболоченных лесах Сибири

© А.В. Волокитина^{1*}, Т.М. Софронова², А.В. Софронова¹

¹*Институт леса им. В.Н. Сукачёва Сибирского отделения РАН, Академгородок, 50/28,
Красноярск, 660036, Россия*

²*Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, ул. Ады
Лебедевой, 89, Красноярск, 660049, Россия*

Приведены результаты исследования природы почвенно-торфяных пожаров в южно-таёжных заболоченных лесах Сибири. На основе анализа и обобщения своих и литературных данных выявлены общие закономерности возникновения, распространения и развития почвенно-торфяных пожаров, разработаны методы их прогнозирования, включающие использование гидрологических наблюдений за уровнем грунтовых вод, лесоустроительной информации и космоснимков высокого разрешения. Приведён пример пиралогической характеристики отдельных типов заболоченного леса и болот, необходимой для составления крупномасштабной карты растительных горючих материалов.

The results of the study of the nature of peat fires in the southern taiga waterlogged forests of Siberia are presented. Based on the analysis and synthesis of our own and literature data, general patterns of occurrence, spread and development of peat fires have been identified and methods of their prediction have been developed, including the use of hydrological observations of the groundwater level, forest management information, and high-resolution satellite images. An example is given of the pyrological characteristics of certain types of waterlogged forest and swamps necessary for creating a large-scale vegetation fuel map.

Введение

В терминах лесной пиралогии в группе почвенных пожаров выделяются подстилочные и торфяные пожары [1-3]. Но поскольку горение торфяного горизонта и последствия этого горения мало отличаются от горения перегнойного горизонта, на практике принято называть их почвенно-торфяными [4].

Несмотря на высокую заболоченность, Западно-Сибирские леса подвергаются активному воздействию пожаров. Горимость лесов возрастает в направлении с севера на юг: в северной тайге горимость умеренная, в средней – повышенная, в южной – высокая, а в отдельные годы – очень высокая. Ландшафтное своеобразие лесов Западной Сибири обуславливает ряд особенностей природы лесных пожаров. Особое внимание всегда привлекали к себе характерные для южно-таежных заболоченных лесов почвенно-торфяные пожары, с которыми очень трудно бороться. Специальные исследования почвенно-торфяных пожаров были выполнены лесопирологами Института леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН (ИЛ СО РАН) в Пихтовском лесхозе в Новосибирской области в рамках хоздоговорной темы: «Изучение природы пожаров в заболоченных лесах Западной Сибири и разработка мероприятий по их охране». Исследования проводились в течение

трех полевых сезонов с непосредственным наблюдением и участием в тушении действующих почвенно-торфяных пожаров. Кроме того, были проведены детальные экспериментальные наблюдения за скоростью пожарного созревания основных проводников горения и за изменениями уровня грунтовых вод. Это позволило составить пирологическую характеристику типов леса, необходимую при использовании рекомендаций для совершенствования противопожарного устройства территории, а также разработать способы прогнозирования почвенно-торфяных пожаров [5, 6]. По результатам исследований были подготовлены и опубликованы в 1990 году «Рекомендации по охране от пожаров южно-таёжных заболоченных лесов Сибири», доработанные и переизданные в 2012 году [6]. Рекомендации содержат анализ природы пожаров в южно-таёжных заболоченных лесах, рассматривают особенности их охраны от пожаров в пределах Новосибирской и Томской областей, а также в левобережной части Красноярского края, и являются региональным дополнением к «Указаниям по обнаружению и тушению пожаров» [4]) и к «Указаниям по противопожарной профилактике в лесах...» [7].

К настоящему времени в ИЛ СО РАН на основе космоснимков высокого разрешения, разработан метод создания крупномасштабных карт растительных горючих материалов, которые позволяют прогнозировать возникновение и распространение пожаров растительности, включая почвенно-торфяные пожары [8].

Типы горения при почвенно-торфяных пожарах

Общие закономерности возникновения, распространения и развития почвенно-торфяных пожаров, вытекающие из анализа и обобщения исследований Н.П. Курбатского и др. [9], С.В. Гундара [10] и наших [11] сводятся к следующему.

Почвенно-торфяной подземный пожар, возникший от одиночного источника огня (например, от костра), представляет собой яму (очаг), расширяющуюся за счет тления кромки этого очага; он называется одноочаговым.

Широко известны почвенно-торфяные пожары с тлеющей кромкой. Кромка имеет в разрезе форму пещеры, отчего такие пожары называют еще «подземными» [12]. Пещерообразная форма зоны тления затрудняет рассеивание тепла и повышает его долю, расходуемую на подготовку горючего. Поэтому критическое влагосодержание при скрытом горизонтальном распространении тления составляет 400–500 % для торфа и 300 % для перегноя. Скорость распространения тлеющей кромки 0,1–0,3 м в сутки.

Но при тлении, открытом сверху, повышается рассеивание тепла, отчего критическое влагосодержание снижается здесь до 200 %. Таким образом, почвенно-торфяной пожар с тлеющей кромкой (скрытого характера), хотя и может распространяться при влагосодержании торфа до 400–500 %, но возникнуть он может при влагосодержании не более 200 %. В дальнейшем этот пожар может распространяться при условиях, когда возникновение новых подобных пожаров невозможно.

Источником загорания перегнойного (или торфяного) горизонта почвы может служить также и кромка низового пожара. В процессе высыхания перегнойной или торфяной почвы вначале на площади появляются лишь отдельные места с влагосодержанием меньше критического (200 %). В таких местах после прохождения низового огня возможно открытое заглубление тления с последующим развитием очагов (ям) с тлеющей кромкой скрытого (подземного) характера, как при одноочаговом пожаре. Это многоочаговый подвид почвенно-торфяного пожара [6].

При дальнейшем высыхании перегноя (или торфа) наступает момент, когда открытое вертикальное заглубление тления в почву может происходить почти по всей площади, что практически исключает развитие горизонтального тления. На таких площадях позади кромки низового пожара простирается зона активного тления шириной в десятки и даже сотни метров, на которой происходит вывал деревьев по мере перегорания их корней. Описанный вид пожара рекомендуется называть открытым почвенно-торфяным [6] и отличать его от почвенно-торфяного пожара с тлеющей кромкой (т. е. подземного). Открытый почвенно-торфяной пожар обязательно имеет пламенную кромку,

а горение (тление) почвы позади пламенной кромки происходит в основном в режиме открытого вертикального заглубления. Глубина прогорания при открытых пожарах обычно не превышает 0,5 м, потому что в процессе вертикального заглубления тления сразу же на значительной площади происходит перемещение паров воды из зоны тления в нижние холодные части почвы, где влага конденсируется.

Таким образом, открытый почвенно-торфяной пожар представляет собой пожар комбинированной формы, где тление торфа или перегноя на большой площади обязательно сочетается с низовым огнем на периферии пожара. Именно за счет низового огня происходит относительно быстрое распространение открытых почвенно-торфяных пожаров по заболоченной территории (обычно со скоростью 20-50 м/ч). С помощью низового огня пожар переходит с одного заболоченного участка на другой, и может преодолевать различные преграды. Открытые почвенно-торфяные пожары, распространяясь на большие площади, могут наносить значительный ущерб лесному хозяйству.

Прогнозирование почвенно-торфяных пожаров

1. Долгосрочное прогнозирование условий, благоприятных для развития открытых почвенно-торфяных пожаров крупных размеров, а именно, почвенной засухи, базируется на предсказании аномально низкого уровня грунтовых вод в июне по аномально низкому уровню грунтовых вод в январе, поскольку между этими уровнями нами была выявлена корреляционная связь. С этой целью в Гидрологической экспедиции областных геологоуправлений были взяты сведения о действующих скважинах по наблюдению за уровнем грунтовых вод, расположенных в районах с преобладанием заболоченных лесов. Из их числа выбрали скважины со средним уровнем грунтовых вод в пределах от 3 до 10 м. При более высоком среднем уровне на него оказывает заметное влияние промерзание почвы и верховодка, при более глубоком не отражается влияние засух. По трём скважинам на севере Новосибирской области и по трём скважинам на юге Томской области были взяты данные об уровне грунтовых вод для января месяца не менее, чем за 10 лет, и рассчитаны средние значения уровня грунтовых вод для января и величины среднеквадратического отклонения.

Если в какие-либо из последующих годов уровень грунтовых вод в январе в нескольких скважинах понизится на величину, превышающую в 1,5-2 раза среднеквадратическое отклонение, то в конце июня – начале июля при благоприятной погоде могут сложиться условия для развития в заболоченных лесах на больших площадях открытых почвенно-торфяных пожаров.

2. Краткосрочное прогнозирование служит дополнением к долгосрочному, его уточнением, поскольку связь между январским и июньским уровнями грунтовых вод не тесная (коэффициент корреляции 0,66). В случае предсказания по январскому УГВ почвенной засухи следует в период с 10 по 30 июня еженедельно измерять уровень грунтовых вод непосредственно в заболоченных лесных массивах. Такой массив выбирают в приводораздельных лесах с березовыми или осиновыми насаждениями II-III классов бонитета, с полнотой не менее 0,6 и с обязательным наличием перегнойно-торфяного горизонта мощностью 0,2 м и более (вместе с подстилкой). В лесном массиве поблизости от дороги, реки или вертолетной площадки оборудуют наблюдательный участок с тремя скважинами. Расстояние между скважинами 30-40 м. Скважины представляют собой трубу сечением 15 × 15 см и длиной 2 м, сделанную из досок и закопанную на глубину до 1,5 м. Для измерения уровня грунтовых вод используют палку длиной 2 м и рулетку. При измерении учитывают высоту края трубы над поверхностью почвы. После измерения трубу закрывают сверху. По трем измерениям определяют средний уровень. Опасность развития почвенно-торфяных пожаров появляется при опускании уровня грунтовых вод на глубину более 0,9 м при мощности перегнойно-торфяного слоя до 0,3 м, а при большей его мощности – на глубину 0,6 м. При

невозможности производить многократные измерения уровня грунтовых вод можно оценивать его расчетным методом после однократного измерения [6].

3. Прогнозирование по уровню атмосферной засухи условий благоприятных для развития открытых почвенно-торфяных пожаров. Опасность таких пожаров возникает, если величина лесопожарного показателя засухи В.Г. Нестерова (или ПВ-1 ЛенНИИЛХа) в конце июня и в первой половине июля превышает 5000 единиц (или ПВ-2 ЛенНИИЛХа превышает 9000 единиц). Авиапатрулирование в случае атмосферной засухи в конце весны и начале лета необходимо проводить по местной весенней шкале до конца засухи. Тщательно осматривать с воздуха ранее потушенные пожары с целью выявления тлеющих очагов необходимо проводить в те периоды, когда по уровню атмосферной или почвенной засухи имеется опасность развития открытых почвенно-торфяных пожаров. Для выявления тлеющих очагов полезно использовать инфракрасную технику. При обнаружении и диагностике пожаров с особой тщательностью надо выявлять почвенно-торфяные пожары. Необходимо помнить, что почвенно-торфяные пожары могут развиваться в заболоченных лесах и на осушенных торфяниках; характерным признаком является наличие на пожарище участков с вывалом деревьев; в начальной стадии, до вывала деревьев, дым поднимается со всей площади пожара. Виды почвенно-торфяных пожаров: *подземный* – границы выгоревшей площади хорошо заметны, дым сосредоточен на периферии пожарища, огонь на кромке не виден, вывал деревьев примыкает к кромке; *открытый* – сочетается с пламенным горением на кромке, за пламенной кромкой следует широкая полоса тления, переходящая в площадь с вывалом деревьев.

4. Прогнозирование почвенно-торфяных пожаров на основе крупномасштабной карты растительных горючих материалов (карты РГМ), составленной в ГИС по лесоустроительной информации или на основе дешифрирования космоснимков высокого разрешения.

Для составления оптимального плана тушения почвенно-торфяного пожара с протяжённой кромкой необходима оперативная крупномасштабная карта РГМ. В рекомендациях [6] описана методика составления такой карты на основе имеющихся материалов лесоустройства. В таблице приведён пример пирологической характеристики заболоченных типов леса и болот для Новосибирской области.

Таблица

Характеристика заболоченных типов леса и болот по типам основных проводников горения (ОПГ) и критическим классам засухи (ККЗ) (фрагмент для северной части Новосибирской области)

Типы леса и болот	Весна (осень)		Лето	
	Тв	I	Rx	II
Сосняки и березняки травяно-болотные, осоковые	Тв	I	Rx	II
Сосняки и березняки осоково-сфагновые	Тв	I	Вл	III
Сосняки и кедровники багульниково-сфагновые	Вл	III	Вл	III
Сосняки сфагновые	Бм1	IV	Бм1	IV
Б о л о т а				
Болота хвощёво-осоковые	Тв	I	Бм1	V
Болота сфагновые	Бм2	-	Бм2	-

Примечания:

Типы ОПГ: Тв – травяно-ветошный; Rx – рыхлоопадный; Вл – влажномшистый; Бм1 – болотно-моховый (заболоченные участки); Бм2 – болотно-моховый (крупные болотные массивы; практически негоримы).

I–V – критические классы засухи по условиям погоды, при которых возможно возникновение и распространение пламенного горения по территории (в случае появления источников огня).

В настоящее время, к сожалению, лесоустройство заменяется лесоинвентаризацией, сокращаются наземные работы, максимально используются аэро-космоснимки. В связи с этим, а также в связи с необходимостью актуализации старых лесоустроительных материалов для составления карт РГМ, стали разрабатываться методы дешифрирования типов основных проводников горения (типов ОПГ) на аэроснимках и на снимках сверхвысокого разрешения. С этой целью для южно-таёжных лесов, где сложно выполнять прямое дешифрирование типов ОПГ, выделены пирологические категории участков с диагностическими признаками основных проводников горения в разные периоды пожароопасного сезона, а для северо- и среднетаёжных лесов разработаны эталоны дешифрирования и составлен пример карты РГМ на основе космоснимка высокого разрешения QuickBird [8].

На карте РГМ цветом отражаются основные проводники горения, а дополнительная информация приводится в пирологическом описании. Если на значительной территории наблюдается травяно-ветошный (Тв) тип основного проводника горения весной и болотно-моховый (Бм1) – летом, то при появлении источников огня на данной территории можно прогнозировать почвенно-торфяные пожары весной и в начале лета уже при I классе засухи по условиям погоды. На территориях с отмеченным болотно-моховым типом ОПГ (Бм1) весенние пожары исключены, если отсутствует травяная ветошь. Верховые болота, которые могут высыхать сверху только в чрезвычайные засухи при длительном бездождном периоде, отмечаются болотно-моховым типом основного проводника горения (Бм2). На основе карты РГМ составляются карты текущей природной пожарной опасности, где красным цветом раскрашиваются участки готовые к горению, зелёным – не готовые, жёлтым – созревающие (при данном классе засухи по условиям погоды).

Заключение

Исследования почвенно-торфяных пожаров продолжают оставаться актуальными. Они достаточно трудоемки и поэтому до недавнего времени были немногочисленны и чаще всего связаны с пожарами на осушенных торфяниках. Но в настоящее время исследования заболоченных территорий активизировались в связи с изменением климата и его влиянием на бюджет углерода в наземных экосистемах.

Внедрение разработанных в ИЛ СО РАН методов прогнозирования почвенно-торфяных пожаров в практику лесопожарной охраны позволит совершенствовать противопожарное устройство заболоченных лесов, а также будет способствовать их своевременному обнаружению и тушению.

*E-mail автора для переписки: *volokit@ksc.krasn.ru*

Литература

1. Курбатский, Н.П. О классификации лесных пожаров / Н.П. Курбатский // Лесное хозяйство. – 1970. – № 3. – С. 68–73.
2. Софронов, М.А. Ещё раз о классификации лесных пожаров / М.А. Софронов // Лесное хозяйство. – 1971. – № 2. – С. 22–25.
3. Софронова, Т.М., Волокитина А.В. Терминология лесной пирологии: моделирование двуязычного глоссария / Т.М. Софронова. – Красноярск : КГПУ, ИЛ СОРАН, 2012. – 336 с.
4. Указания по обнаружению и тушению лесных пожаров. – М. : Федеральная служба лесного хозяйства России, 1995. – 110 с.
5. Софронов М.А., Валендик Э.Н., Волокитина А.В. – Авторское свидетельство №1333343 от 22 октября 1985 года. – Способ определения пожарной опасности в лесу.
6. Софронов, М.А. Рекомендации по охране от пожаров южно-таёжных заболоченных лесов Сибири / М.А. Софронов, А.В. Волокитина. – Красноярск: ИЛ СО РАН, 2012. – 40 с.
7. Указания по противопожарной профилактике и регламентации работы лесопожарных служб. – М. : Госкомитет лесного хозяйства СМ СССР, 1973. – 35 с.

8. Софронова, А.В. Пирологическая экспертиза нефтегазовых комплексов / А.В. Софронова, А.В. Волокитина // Сибирский лесной журнал. – 2023. – № 3. – С. 3–14.
9. Курбатский, Н.П. Лесные почвенные пожары и борьба с ними / Н.П. Курбатский, Н.Н. Красавина, В.А. Жданко. – Л. : ЛенНИИЛХ, 1957. – 32 с.
10. Гундар, С.В. Почвенные пожары в бассейне Нижнего Амура, их профилактика и тушение : Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. 06.03.01.– Красноярск, 1978. – 24 с.
11. Софронов, М.А. Волокитина А.В. Лесные почвенно-торфяные пожары на юге Западной Сибири / М.А. Софронов, А.В. Волокитина // Лесное хозяйство. – 1986. – № 5. – С. 56–58.
12. Лесная энциклопедия: в 2-х т., т. 2. Лимонник – Ящерицы / Ред. кол.: Г.И. Воробьев (гл. ред.) и др. – М.: Советская энциклопедия, 1986. – 631 с.

DOI 10.21178/160524.52

УДК 630*57

Анализ роста лесных культур в Читинском лесничестве Забайкальского края

© Д.А. Голубев^{1,2*}, К.А. Колобанов¹, К.Е. Гула¹, Н.А. Каюмов^{1,2}

¹Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства,
ул. Волочаевская, 71, Хабаровск, 680020, Россия

²Тихоокеанский государственный университет, ул. Тихоокеанская, 136, Хабаровск, 680035, Россия

Основным способом лесовосстановления в Забайкальском крае является естественное возобновление (79 %), которое осуществляется за счет мер содействия. Однако, на лесосеках, гарях, в сухих и переувлажнённых условиях сроки восстановления могут исчисляться годами. На таких площадях проводятся мероприятия по искусственному лесовосстановлению. В работе представлен анализ литературных и статических данных по динамике роста лесных культур, а также проведённых мероприятий по лесовосстановлению в Забайкальском крае. Для оценки роста культур сосны обыкновенной были проведены натурные обследования в Читинском лесничестве. В результате измерения таксационных показателей отмечается эффективное искусственное восстановление.

The main method of reforestation in the Trans-Baikal Territory is natural regeneration (79%), which is carried out through assistance measures. However, in cutting areas, burnt areas, in dry and wet conditions, the recovery time can be calculated in years. Artificial reforestation activities are carried out in such areas. The work presents an analysis of literary and statistical data on the dynamics of the growth of forest crops, as well as the carried out reforestation measures in the Trans-Baikal Territory. To assess the growth of *Pinus sylvestris* L. crops, field surveys were carried out in the Chita forestry. As a result of measurement of forest taxation indicators, effective artificial restoration is noted.

Введение

В настоящее время остро стоит вопрос об эффективном использовании лесных ресурсов, в связи с нарастающими темпами обезлесения [1, 2]. Актуальность вопроса возобновления лесов на территории Российской Федерации остается высокой. Согласно Стратегии лесного комплекса Российской Федерации [3] лесовосстановление является одной из проблем, сдерживающим развитие лесного хозяйства, из-за недостаточной эффективности воспроизводства хозяйственно ценных лесов при текущем уровне лесопользования. За последние годы накопленная площадь невозстановленных вырубок составила около 0,5 млн. гектаров. С 2009 года фактический объем искусственного лесовосстановления в Забайкальском крае составляет около 3000 га [4]. Площадь лесных культур занимает 153,9 тыс. га, из них 127,7 тыс. га сосны обыкновенной.

Целью исследования явилась оценка лесовосстановительных процессов на примере роста культур сосны обыкновенной на территории Читинского лесничества Забайкальского края.

Объектом исследования являются лесные культуры сосны обыкновенной, созданные в Читинском лесничестве.

Методы исследования

Были заложены временные пробные площади на территории Читинского лесничества для оценки таксационных показателей культур сосны обыкновенной в соответствии с действующим отраслевым стандартом. Таксационные показатели определялись при сплошном перече́те главной породы.

Район работ. Площадь Читинского лесничества составляет 161 тыс. га. В состав Читинского лесничества входят 4 участковых лесничества: Городское, Кручининское, Сивяковское и Черновское [5]. Территория Читинского лесничества относится к Забайкальскому горному лесному району. Климат района резко континентальный, с малым количеством осадков. Территория относится к зоне недостаточного увлажнения. Распределение осадков крайне неравномерное, как по сезонам года, так и по территории. В летний период выпадает 65-70 % годовой суммы осадков, максимум приходится на июль-август. Годовое количество осадков варьируется от 300 до 600 мм.

Безморозный период по долине – до 100 дней, на хребтах приблизительно 55-70 дней. Средние температурные показатели: годовая - 5-8°C; января -30-35°C, июля 16,5-17°C.

Рельеф района можно охарактеризовать как среднегорный, за исключением юго-запада, где он нарушается Даурским и хребтом Черского. Относительные превышения достигают 500-700 м в пределах низко- и среднегорья и 1000-1500 м в районах развития высокогорного рельефа. Равнинные пространства и низменности занимают незначительные территории [6, 7].

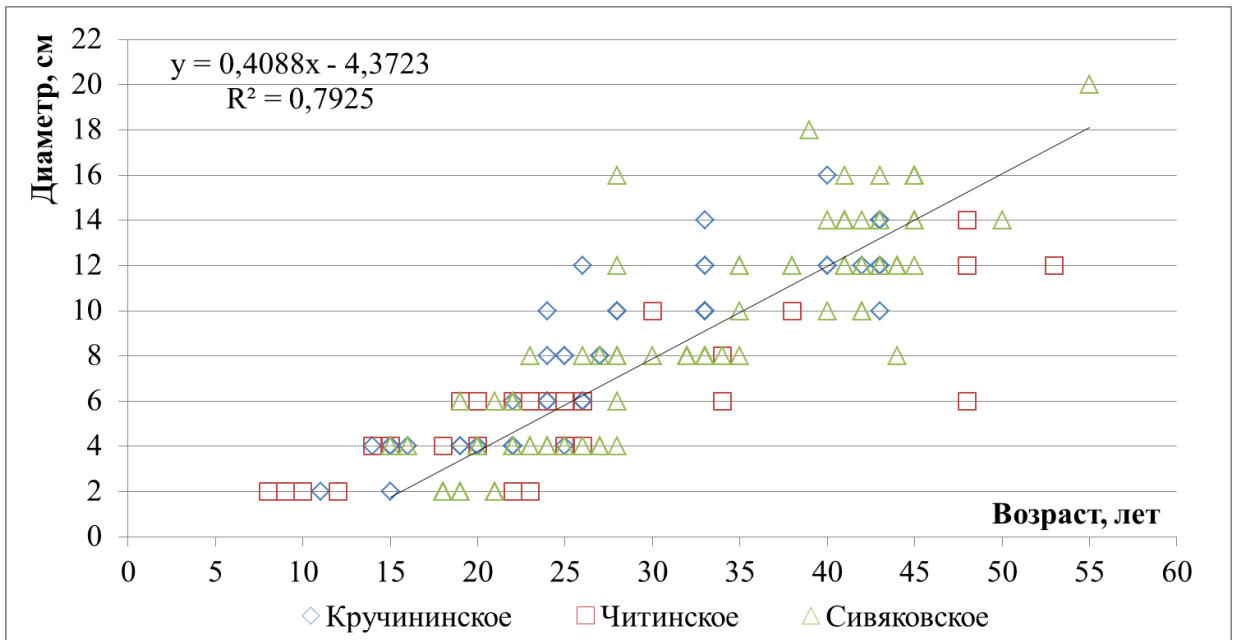
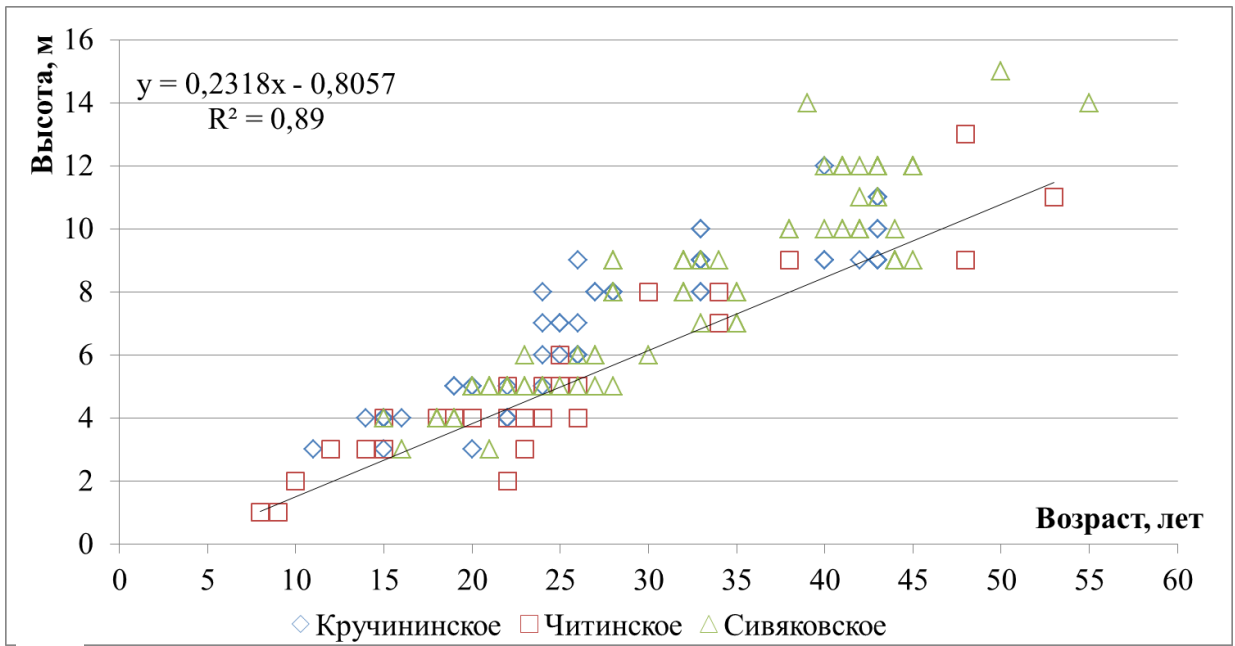
Почвы: мерзлотно-таежные, горно-таежные, дерновые, горные дерновоподтаежные, лугово-лесные, глубокопромерзающие.

Основными лесобразующими породами являются сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) и лиственницы Гмелина (*Larix gmelinii*), Чекановского (*L. × czekanowskii*), сибирская (*L. sibirica*). Также встречается сосна сибирская кедровая (*Pinus sibirica*), ель сибирская (*Picea obovata*) и пихта сибирская (*Abies sibirica*). Большая часть насаждений характеризуется III-IV классами бонитета, с полнотой от 0,5 до 0,7.

Результаты исследования

Посадка сосны в исследуемом районе проводится в почву, подготавливаемую с помощью лесохозяйственных тракторов ТЛ-5АЛМ-01 или МТЗ-82 посредством комбинированного лесного плуга ПКЛ-70 с размещением борозд на равномерном расстоянии между ними – 3,5 м. Для удаления пней применяется корчевальная машина КМ-1 или машина для расчистки полос МРП-2. Посадку осуществляют ручным (меч Колесова, посадочная труба) или механизированным способом (лесопосадочные машины СБН-1А, СКЛ-1, ЛМД-81К), шаг посадки культур с открытой корневой системой (ОКС) составляет – 0,7 м., с закрытой корневой системой (ЗКС) – 1 м. Количество саженцев – 4 тыс. штук на га. При расстоянии между бороздами 6,5 м и шагом посадки – 0,7 м используется 2 тыс. штук посадочного материала на гектар [8].

Для оценки параметров роста лесных культур в Читинском лесничестве были проанализированы таксационные показатели (высота, диаметр и запас) лесных культур Кручининского, Городского и Сивяковского участковых лесничеств (рис. 1, табл. 1).



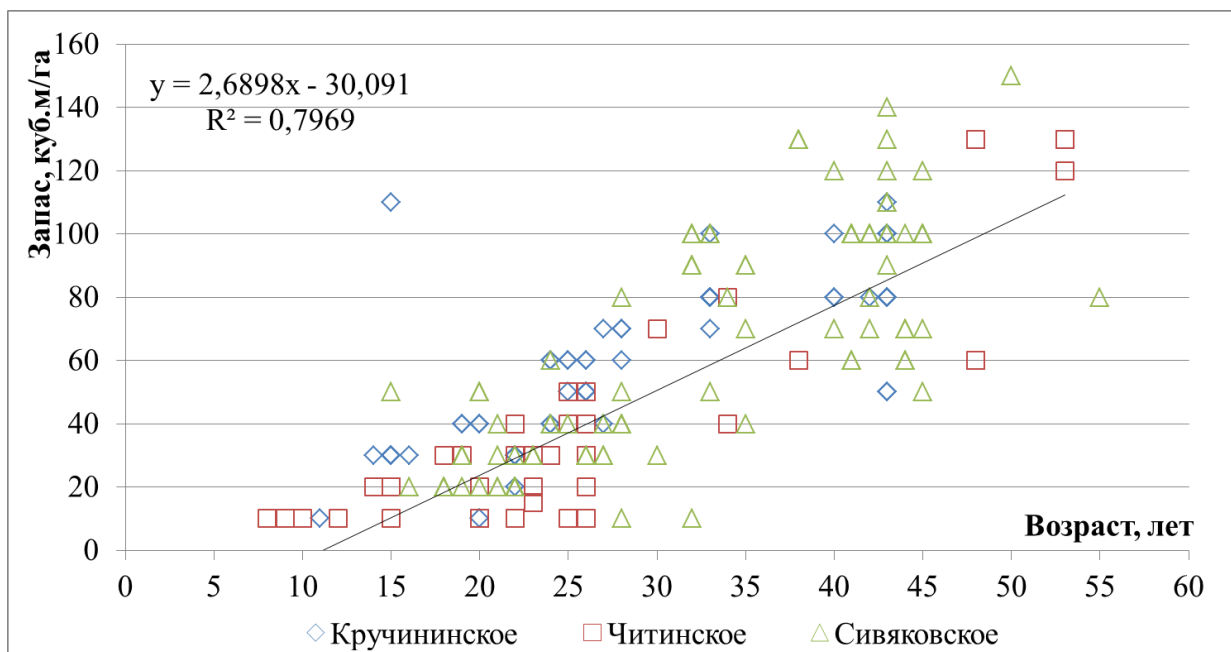


Рис. 1. Ход роста культур сосны обыкновенной в Кручининском, Читинском и Сивяковском участковых лесничествах по высоте (а), диаметру (б) и запасу (в)

Таблица 1

Таксационные показатели лесных культур в Читинском лесничестве Забайкальского края

Уч. лесничество	Ср. возраст лесных культур	Ср. диаметр, см	Ср. высота, м	Класс бонитета	Число деревьев, шт./га	Сумма пл. сечения	Запас, м ³ /га
Кручининское	28	8,2	7,1	III	4832	20,6	59,4
Городское	27	6,2	5,4	II	3800	23,0	42,0
Сивяковское	32	8,8	8,0	III	4832	20,6	64,6

Таксационные показатели лесных культур в Читинском лесничестве свидетельствуют о том, что возраст и параметры стволов (диаметр и высота) находятся в положительной взаимозависимости: с увеличением возраста повышаются показатели диаметра и высоты. Это позволяет говорить о благоприятных условиях для роста лесных культур сосны обыкновенной.

Для анализа роста лесных культур различного года посадки в Забайкальском крае были заложены пробные площади в Кручининском участковом лесничестве Читинского лесничества. Результаты полевых исследований представлены на рисунках 2 и 3.

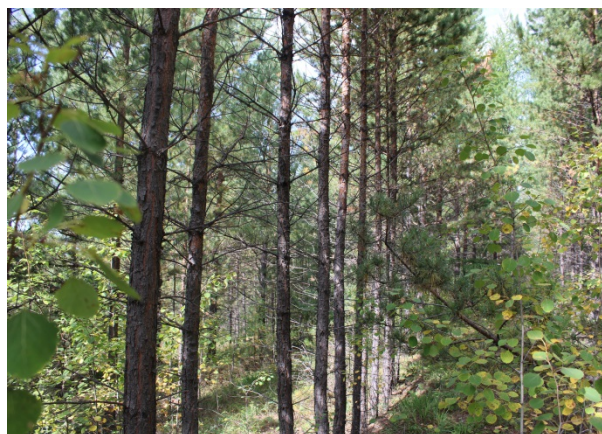
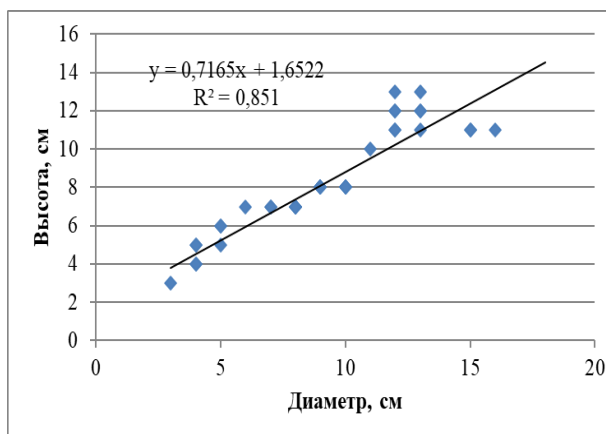


Рис. 2. Результаты измерений показателей сосны обыкновенной 1995 года посадки в Кручининском участковом лесничестве Читинского лесничества на временной пробной площади, квартал 64, выдел 2

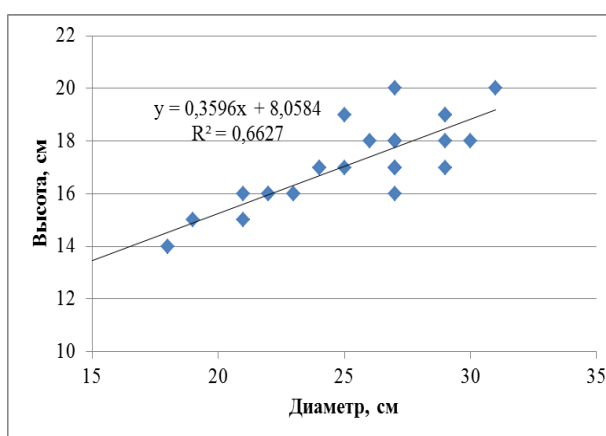


Рис. 3. Результаты измерений показателей сосны в обыкновенной 1963 года посадки в Кручининском участковом лесничестве Читинского лесничества на временной пробной площади, квартал 32, выдел 5

Пробные площади закладывались в чистых лесных культурах сосны обыкновенной. Культуры отличаются хорошей приживаемостью и высокими таксационными показателями роста и развития. Возраст лесных культур сосны на первой пробной площади – 28 лет, на второй – 60 лет, запас – 134 и 309 м³ на га соответственно. Класс бонитета – II.

Заключение

В результате анализа полученных данных и натурных обследований лесных культур сосны обыкновенной, созданных на территории Читинского лесничества Забайкальского края, можно сделать вывод о положительной динамике роста искусственных насаждений в исследуемом районе и рекомендовать дальнейшее проведение мероприятий по искусственному лесовосстановлению согласно ранее разработанным методикам и методам.

*E-mail автора для переписки: poet.golubev@mail.ru

Литература

1. Моисейкина, Л.Г. Статистическая оценка интенсификации использования лесов / Л.Г. Моисейкина // Статистика и экономика. – 2014. – №. 4. – С. 158-162.
2. Буров, М.П. К вопросу об организации устойчивого управления землями лесного фонда / М.П. Буров // Актуальные проблемы землеустройства, кадастра и природообустройства. – 2021. – С. 12-19.

3. Об утверждении Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года : утверждено Распоряжением Правительства Российской Федерации от 11.02.2021 г. № 312-р // КосультантПлюс : офиц. сайт / Компания «КонсультантПлюс». – Электрон. справ. правовая система. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_377162/ (дата обращения: 25.03.2024).

4. Гладинов, А.Н. Сравнительные результаты использования семян сосны обыкновенной с открытой и закрытой корневой системой при искусственном лесовосстановлении в условиях западного Забайкалья / А.Н. Гладинов, Е.В. Коновалова, С.Ч. Содбоева // Успехи современного естествознания. – 2021. – №. 11. – С. 7-12.

5. Лесохозяйственный регламент Читинского лесничества, 2020. – 132 с.

6. Об утверждении лесного плана Забайкальского края : утверждено Постановлением Губернатора Забайкальского края от 14.01.2019 г. № 1 // Кодекс : офиц. сайт / Акционерное общество «Информационная компания «Кодекс»» – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/550332895> (дата обращения: 25.03.2024).

7. Солпина, Н.Г. Климатические рекреационные ресурсы Забайкальского края / Н.Г. Солпина, М.А. Рубцов // 21 век: фундаментальная наука и технологии: материалы XIX международной научно-практической конференции, North Charleston, USA, 15–16 апреля 2019 года. Том 1. – North Charleston, USA: LuluPress, Inc., 2019. – С. 8-11.

8. Пак, Л.Н. Лесовосстановление на горях Верхнеамурского бассейна / Л.Н. Пак, В.П. Бобринев // Проблемы устойчивого управления лесами Сибири и Дальнего Востока : Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 75-летию образования Дальневосточного научно-исследовательского института лесного хозяйства, Хабаровск, 01-03 октября 2014 года. – Хабаровск: Федеральное бюджетное учреждение "Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства", 2014. – С. 319-321.

DOI 10.21178/160524.58

УДК 630. 51 (571.6)

Научное обоснование и методика исследований пространственного строения древостоев на лесных объектах постоянного наблюдения в лесах Дальнего Востока

© В.С. Грек, Н.В. Романова, О.В. Гузеева

ФБУ «ДальНИИЛХ», 680020 г. Хабаровск, ул. Волочаевская, д. 71, Россия

Леса Дальнего Востока отличаются сложным видовым составом, изменчивостью строения, размеров деревьев и размещения их в насаждении. Средние показатели древостоя не всегда соответствуют заданной точности таксации. Приведена методика исследований пространственного строения на лесных объектах путем измерения расстояний от центрального до ближайших деревьев. Представлена модель насаждения в виде полигонов Дирихле-Вороного. Разработаны таблицы для определения индивидуальных параметров размещения элементарной ячейки древостоя по измеренному расстоянию, диаметру и высоте ствола.

The forests of the Far East are characterized by a complex species composition, variability of structure, size of trees and their placement in the plantation. The average values of the stand do not always correspond to the specified taxation error. A methodology for studying the spatial structure of forest objects by measuring distances from the central to the nearest trees is presented. A forest model in the form of Dirichlet-Voronoi polygons is presented. Tables have been developed to determine the individual parameters of the placement of an elementary cell of a stand by the measured distance, diameter and height of the trunk.

Отличительными особенностями исследования пространственного строения древостоев на лесных объектах постоянного наблюдения в лесах Дальнего Востока являются: сложность строения насаждений, последствия ведения выборочного хозяйства, заготовка древесины при реконструкции насаждений, преобладание естественных методов лесовосстановления при минимальном количестве лесокультурных площадей, наличие подпологовых культур, а также повышенное содержание в составе лесов эндемичных, реликтовых, редких и особо ценных видов растений и мест их обитаний. Основными задачами научных разработок по-прежнему остаются: сохранение уровня лесистости, восстановление коренных типов леса, улучшение породного состава и повышение ресурсной продуктивности дальневосточных лесов. Решение этих задач невозможно без научного обоснования и надежной методики исследования пространственного строения древостоев, которое напрямую связано с определением леса, как части живой оболочки территории, существующей во времени и имеющей определенные границы и размеры.

В «Учении о лесе» Г.Ф. Морозов [1] писал: «... деревья в лесу не вырастают в одиночестве и не помещаются просто рядом друг с другом, но находятся во взаимном многостороннем и непрестанном воздействии друг с другом» (стр. 77). Это согласуется с представлениями о лесном биогеоценозе как единстве живых компонентов и среды В.Н. Сукачева [2], что в свою очередь ведет к определению леса, как части биосферы по В.И. Вернадскому [3]. Г.Г. Самойлович также указывал на недостаточность характеристики

только стволовой части и древесного запаса при исследовании однородной части насаждений «так как они не характеризуют строение полога насаждений и в целом той среды, в которой проводятся» с. 37 [4]. Такая интерпретация лесных исследований приводит нас к пониманию пространства леса, как части биосферы, существующего во времени и имеющего границы с реальными количественными характеристиками: возраст, высоту, площадь и объем. То есть лес – не просто совокупность составляющих его компонентов, а часть земного пространства, которое дает все основания определять, в том числе, внутреннюю лесную среду как неотъемлемую часть леса с определенными размерами и внутренними границами, а главное - качественно отличающимся от внешней среды как части атмосферы. Из этого следует, что элементарной частицей (ячейкой) леса по определению нужно считать не просто совокупность деревьев и даже не отдельные деревья, а каждое из деревьев с частью внутренней лесной среды, примыкающей к нему в пределах пространства однородной части насаждения (выдела). Тогда проблема исследований и моделирования геометрической структуры насаждения переориентируется от случайного (вероятностного) подхода путем сканирования «элементов леса» к задачам детерминированного (причинно-обусловленного) изучения объективно измеряемых параметров пространственного размещения деревьев в лесу. И тогда определение традиционных (средних) таксационных характеристик насаждений обусловлено измерениями расстояний ближайшего соседства между деревьями, определением площадей и объемов элементарных ячеек, расчетом индивидуальных показателей густоты, полноты и запаса.

Основная цель настоящей работы заключается в построении пространственных моделей для изучения закономерностей строения, роста и развития простых и сложных насаждений с использованием параметров размещения деревьев по материалам координатных пробных площадей (обычной формы, круговых или отдельных деревьев в качестве центральных элементов). При этом поставлены конкретные задачи: изучить закономерности и статистические взаимосвязи параметров размещения деревьев с основными таксационными характеристиками насаждений, построить математические модели, позволяющие по измеряемым показателям размещения вычислять основные таксационные характеристики в насаждении. Одним из основных измеряемых параметров размещения является расстояние между деревьями, точнее центральным элементом и ближайшими соседями. Проблема измерения расстояний ближайшего соседства ставилась ещё Г. Кенигом [5], позднее Д.И. Менделеевым предложены «расстояния до ближайших 8-10 деревьев» [6]. Многолетний труд, сопоставимый разве с каталогом звездных координат Тихо Браге в астрономии, вложил в решение этой проблемы Г.И. Эйтинген. Для анализа использованы данные наблюдений Г.Р. Эйтингена за длительный период в естественных и искусственных насаждениях сосны разной густоты на координатных пробных площадях, заложенных в Лесной опытной даче Тимирязевской академии [7]. Многолетние наблюдения за естественным сосновым насаждением охватывают период от 43 до 100 летнего возраста (43, 48, 57, 64, 70, 76, 80, 94, 100 лет). В 1970-е годы В.В. Лебединский, выполняя исследования по решению проблемы автоматизации дешифровочных процессов под руководством С.В. Белова, профессора ЛТА им. С.М. Кирова, предложил «теоретические границы ячеек роста» в насаждении по методу разбиения точечной системы на полигоны Дирихле-Вороного. По методу распределения Дирихле-Вороного с использованием программы STATISTICA 10 построены диаграммы Вороного точечной модели насаждения. План горизонтальной проекции оснований стволов разбивался на полигоны (ячейки) различной формы, согласно методическим подходам Г.Ф. Вороного [8], В.В. Лебединского [9], В.А. Вагина [10], таким образом, каждому дереву соответствует индивидуальная ячейка – прилегающая к дереву область развития и роста.

Неоднородность размещения деревьев даже в относительно простых насаждениях неоднократно отмечались многими исследователями, как в искусственных посадках [11],

так и в пределах выдела [12]. Хвойно-широколиственные леса Дальнего Востока отличаются сложностью вертикального и горизонтального строения. Их древостой характеризуются многопородностью, многоярусностью, неравномерным размещением деревьев на площади [13]. Мозаика размещения групп и отдельных деревьев на выделе затрудняет использование традиционных методов при их таксации. Такие фундаментальные понятия современной таксации как элемент леса, разряд высоты, среднее дерево могут быть применимы к хвойно-широколиственному лесу Дальнем Востоке лишь условно. Часто не представляется возможным методами аналитической таксации предсказать, что скрывается за средними показателями диаметра, высоты, полноты и запаса древостоев, особенно в тех случаях, когда в их составе заметное участие принимает кедр корейский. Характер распределения и изменчивость таксационных показателей древостоя в пределах выдела определяется многообразием пород, размерами и взаимным расположением деревьев. Настоящая работа посвящена изучению структуры древостоев в сложных дальневосточных лесах на подеревном уровне.

Объектом исследования является елово-пихтовый древостой с заметной долей участия (до 50% состава) лиственных пород и кедра в Хехцирском лесничестве Хабаровского края. Средняя таксационная характеристика древостоя на выделе следующая. Состав 3,2П 2,6Е 0,5К 1,3Я 1,1Бж 0,7Лп 0,5Ол 0,1Км ед. Кж, Кз, Чм, Бх, Ср, Иг, Рб, Аа. Запас 136 м³/га. Полнота 15,8 м²/га (0,7). Число деревьев 681 шт./га. Средний диаметр 28 см, средняя высота 17 м, средний возраст 80 лет (табл. 1).

Таблица 1

Таксационная характеристика пробной площади в елово-пихтовом насаждении

Порода	I ярус			II ярус			III ярус		
	Д, см	Н, м	Число стволов, шт.	Д, см	Н, м	Число стволов, шт.	Д, см	Н, м	Число стволов, шт.
К	34,7	17,1	12	20,2	13,0	3	11,5	8,0	11
Е	28,5	17,2	118	17,2	8,9	61	8,1	7,4	117
П	26,6	17,0	82	16,8	11,6	101	11,4	8,3	116
Я	26,9	18,4	56	16,0	14,1	9	10,6	11,8	14
Бж	27,5	17,8	43	17,0	13,7	3	9,0	10,0	6
Лп	36,3	16,2	22	16,3	13,1	9	8,0	7,0	2
Ол	23,8	-	15	17,9	-	23	10,6	-	63
Иг	-	-	1	-	-	-	-	-	2
Км	-	-	-	-	-	5	-	-	1
Кз	-	-	-	-	-	3	-	-	7
Кж	-	-	-	-	-	2	-	-	15
Бх	-	-	-	-	-	-	-	-	10
Чм	-	-	-	-	-	1	-	-	13
Ср	-	-	-	-	-	1	-	-	3
Рб	-	-	-	-	-	3	-	-	-
Аа	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Всего	-	-	349	-	-	224	-	-	381
На 1 га	-	-	249	-	-	160	-	-	272

Подрост средней густоты, групповой, высота 2-3 м, состав 4П 4Е 1Я 1Бж + К, Лп, Км. Подлесок густой из лещины, рябинника, чубушника, свободноягодника колючего, кленов, бересклета, барбариса, аралии, элеутерококка, лимонника, винограда амурского и актинидии. Напочвенный покров: чистотел коричный, щитовник амурский, щитовник Буша, кочедыжник красноногий, кочедыжник письменный, щитовник буковый, адриантум,

осока уссурийская, астильба китайская, василистник нитчатый, смилацина, какалия ушастая, клопогон, лесное мелкотравье, на микроповышениях – климациум, хилокомиум, плауны. Почва бурая лесная слабоподзоленная на пролювиальных отложениях с высоким уровнем грунтовых вод. Местоположение слабонаклонное (3-5⁰), экспозиция западная.

При изучении горизонтальной структуры из всех компонентов леса выделены два основных: среда и древостой. Наземное пространство леса, включающее в себя элементы среды и древостоя, при проецировании на плоскость дает план естественного размещения деревьев на лесной площади. Основания деревьев на плане обозначены точками, дифференцированными по ярусам. Деревья вместе с частью лесной среды (ячейки) представляют элементы древостоя. В общем случае рассмотрена неправильная система точек. Части плоскости вокруг точек, ограниченные линиями, представляют элементы среды. Каждая из точек с окружающей ее частью плоскости образует элементарную ячейку. Теоретические границы ячеек получены методом Дирихле – Вороного при разбиении плоскости на полигоны, известного так же при изучении морфоструктуры насаждений как метод симметрии [9]. При таком разбиении вся плоскость – среда, занимаемая точками – деревьями, разбивается без пробелов и наложений на полигоны (многоугольники). Центры симметрии многоугольников соответствуют местоположениям оснований стволов. Многоугольники, имеющие общие стороны, являются соседними. Число сторон многоугольника в элементарной ячейке равно числу соседей (табл. 2).

Таблица 2

Ряды распределения числа наблюдений структурных показателей в елово-пихтовом насаждении

Площади элементарных ячеек		Расстояние между деревьями		Число соседей		Подеревная полнота		Подеревный запас	
Площадь, м ²	Число наблюдений	Расстояние, м	Число наблюдений	Число соседей, шт.	Число наблюдений	Полнота, м ² /га	Число наблюдений	Запас, м ³ /га	Число наблюдений
5	9	1	28	3	8	4	92	20	32
10	66	2	58	4	106	8	184	40	107
15	85	3	67	5	232	12	145	60	114
20	92	4	87	6	364	16	113	80	92
25	97	5	99	7	184	20	127	100	89
30	96	6	128	8	68	24	110	120	63
35	90	7	108	9	26	28	65	140	73
40	78	8	100	10	12	32	56	160	95
45	90	9	86	11	-	36	30	180	54
50	69	10	73	-	-	40	24	200	63
55	57	11	48	-	-	44	6	220	38
60	51	12	35	-	-	48	12	240	51
65	30	13	24	-	-	52	15	260	32
70	36	14	24	-	-	56	6	280	22
75	30	15	17	-	-	60	9	300	28
80	18	16	9	-	-	64	6	320	25
85	6	17 и >	9	-	-	-	-	340	22
Итого	1000	Итого	1000	Итого	1000	Итого	1000	Итого	1000

Ярусность по вертикали в сочетании с полигональной структурой в горизонтальной проекции наземного пространства леса образует ячеисто-структурную иерархию среды и

древостоя в целом, где каждый ярус может рассматриваться отдельно. Связь между ними обусловлена подчиненным положением нижних ярусов по отношению к верхним и, напротив, независимостью ярусов высшего ранга от низшего (табл. 3).

Таблица 3

Статистика структурных показателей в елово-пихтовом насаждении

Структурные показатели	Значения статистик по ярусам					
	I ярус		II ярус		III ярус	
	X	$V, \%$	X	$V, \%$	X	$V, \%$
Для всех пород						
Число соседей, шт.	6,0	21	6,0	22	5,8	22
Расстояние между деревьями, м	7,2	49	5,5	53	4,1	52
Площадь элементарной ячейки, м ²	37,8	50	23,5	52	13,6	55
Подеревная полнота, м ² /га	19,1	65	11,6	62	8,2	74
Подеревный запас, м ³ /га	142,3	59	73,5	68	39,3	71
Ель аянская						
Число соседей, шт.	5,9	21	6,0	19	5,9	20
Расстояние между деревьями, м	6,9	52	5,3	53	4,1	50
Площадь элементарной ячейки, м ²	36,3	52	23,3	48	13,2	50
Подеревная полнота, м ² /га	20,4	61	11,4	59	7,5	64
Подеревный запас, м ³ /га	158,7	51	71,7	66	34,2	63
Пихта белокорая						
Число соседей, шт.	5,8	22	5,8	20	5,6	25
Расстояние между деревьями, м	7,1	53	5,1	53	3,9	53
Площадь элементарной ячейки, м ²	37,1	56	21,8	48	13,0	55
Подеревная полнота, м ² /га	19,8	67	12,8	58	9,2	68
Подеревный запас, м ³ /га	138,1	64	78,0	66	42,2	74

Примечание. Обозначение статистик: X – среднее значение, V – коэффициент вариации.

В предлагаемой модели трехъярусного древостоя элементарные ячейки первого яруса представлены частью древостоя только первого яруса и охватывают все наземное пространство леса без пробелов. Построение теоретических границ при разбиении среды на многоугольники допускается только между деревьями первого яруса. Второй ярус занимает подчиненное положение по отношению к первому. Деревья второго яруса распространены не на всей площади. Они размещены только на той ее части, которой соответствует их иерархически подчиненное положение. Ячейки второго яруса как бы вложены в часть площади занимаемого ими пространства, которая уже структурирована деревьями первого яруса. Теоретически отведенную часть среды деревьям второго яруса приходится делить не только между собой, но и с деревьями более высокого ранга – первым ярусом. Элементарные ячейки второго яруса древостоя разбивают часть наземного пространства леса на полигоны с учетом влияния на среду деревьев второго и первого ярусов. Аналогичным образом построены ячейки для третьего яруса древостоя. Отличие заключается в том, что занимаемую часть среды деревья третьего яруса разбивают на полигоны с учетом влияния деревьев третьего, второго и первого ярусов одновременно. Ячейки третьего яруса древостоя структурируют занятую ими часть среды с учетом структурных элементов всего древостоя. Горизонтальная проекция трехъярусного древостоя в целом представлена структурной иерархией вложенных друг в друга элементарных ячеек из разнопорядковых полигонов первого, второго и третьего ярусов.

Аналитический способ построения многоугольников выполнен по заданным координатам расположения деревьев на пробной площади. Для каждой элементарной ячейки получены следующие характеристики: число соседей, расстояние между деревьями, площадь ячейки, подеревная полнота и подеревный запас. Получены ряды распределения числа наблюдений названных показателей по ярусам. Для наглядности ряды приведены в относительных значениях величин (промилле).

Число соседей для каждого дерева в древостое может изменяться независимо от яруса от 3 до 10 (максимум 11) штук. Мода приходится на число 6 (реже 5). Расстояния между деревьями по ярусам варьируют больше, чем число соседей. Вариационный размах расстояний составил: для I яруса 1-19 м, для II яруса 1-16 м, для III яруса 1-14 м. Мода расстояний по ярусам соответственно равна 6, 4 и 3 м. Еще больше вариационный размах и изменчивость по ярусам наблюдается для площади ячеек, подеревной полноты и запаса. Подеревная полнота, как отношение площади сечения ствола на высоте 1,3 м к площади ячейки, может принимать следующие значения: I ярус - от 4 до 64 м²/га, II и III яруса – от 4 до 36 м²/га. Еще больше вариационный размах подеревного запаса (отношение объема ствола к площади ячейки), значения которого по ярусам следующие: I ярус – от 20 до 340 м³/га, II ярус – от 20 до 240 м³/га, III ярус – от 20 до 140 м³/га.

На пробной площади состав древостоя представлен шестнадцатью породами с разной долей участия по запасу. Характеристики среды и древостоя получены для каждой элементарной ячейки, сгруппированы по породам в пределах яруса и по ярусам для всех пород. Рассчитаны статистики следующих основных структурных показателей: числа соседей, расстояний между деревьями, площадей ячеек, подеревных полнот и запасов. Характеристики преобладающих пород (ели аянской и пихты белокорой) выделены отдельно.

Число соседей является наиболее стабильной величиной элементарной ячейки как по ярусам, так и по породам. С точностью до единицы на каждое дерево независимо от породы и положения в пологе приходится в среднем 6 соседей. Изменчивость этого показателя наименьшая и лежит в пределах 19-25 %.

В пределах одного яруса среднее расстояние между деревьями остается постоянным независимо от древесной породы. Оно уменьшается в направлении от первого ко второму и третьему ярусу в отношении 7:5:4. Изменчивость площадей элементарных ячеек лежит в пределах 48-56 %.

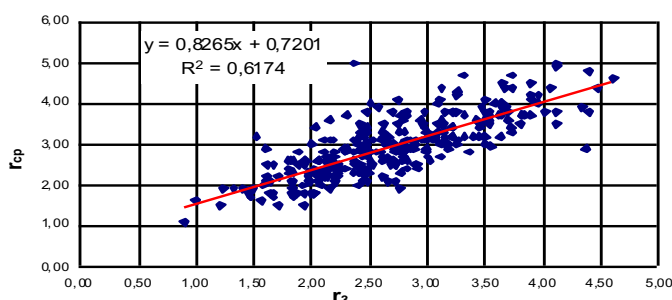
Наибольшую изменчивость (до 74 %) имеют относительные характеристики среды: полнота и запас. Значения полноты и запаса второго и третьего ярусов, полученные как среднее арифметическое из множества значений элементарных ячеек, отличаются от одноименных средних значений на 1 га пробной площади. Это различие обусловлено тем, что при равных значениях сумм площадей поперечных сечений и объемов названные характеристики древостоя отнесены не ко всей пробе, а только к реально занятой древостоем площади, численно равной сумме площадей элементарных ячеек. В принятой модели идеальная и реальная границы пробы соотносятся между собой как прямая и ломаная линии. Особенно велика разница идеальной и реальной границ для второго и третьего яруса древостоя. Отношение реально занятой площади второго и третьего яруса ко всей площади пробы является показателем неравномерности размещения нижних ярусов древостоя, что имеет прикладное значение при проектировании и проведении хозяйственных мероприятий в лесу.

Один из основных параметров размещения – среднее расстояние (r_{cp}) между центральным элементом ячейки и соседом. Среднее расстояние в ячейке определяется как средневзвешенное через примыкающую к центральному элементу площадь или длину смежной стороны многоугольника, что вызывает определенные трудности. Поэтому на основе анализа корреляционного отношения между значением r_{cp} и первыми четырьмя расстояниями (r_1, r_2, r_3, r_4) до ближайших соседей (табл. 4) методом аппроксимации показатель r_{cp} выражен как линейная функция от r_3 (рис.).

Таблица 4

Корреляционная взаимосвязь среднего расстояния с показателями r_1, r_2, r_3, r_4 .

Показатели, м	r_1	r_2	r_3	r_4	ср. расстояние
r_1	1,000	0,601	0,463	0,275	0,590
r_2	0,601	1,000	0,783	0,551	0,767
r_3	0,463	0,783	1,000	0,704	0,786
r_4	0,275	0,551	0,704	1,000	0,758
среднее расстояние	0,590	0,767	0,786	0,758	1,000



Третье расстояние до ближайшего соседа (r_3), м	Ср. расстояние ($r_{сп}$), м
0,5	1,1
1,0	1,5
1,5	2,0
2,0	2,4
2,5	2,8
3,0	3,2
3,5	3,6
4,0	4,0

Рис. Корреляционная взаимосвязь среднего и третьего расстояний

На примере елово-пихтового смешанного древостоя в хвойно-широколиственном дальневосточном лесу показано, что средние характеристики не дают достаточно полного представления о строении сложных лесов. Изучение структуры такого древостоя с учетом параметров размещения позволило раскрыть закономерность распределения средних таксационных показателей, выявить различие между идеальной (средней) и реальной (подеревной) характеристиками насаждения. Изменчивость таксационных показателей и неравномерность размещения деревьев по площади в наибольшей степени отражаются на распределении значений полноты и запаса на подеревном уровне. В сложных древостоях нормативы полноты ($\text{м}^2/\text{га}$) и запаса ($\text{м}^3/\text{га}$) должны учитывать неравномерность и изменчивость размещения деревьев на лесной площади.

Стабильность среднего показателя числа соседей в элементарной ячейке для неправильного размещения деревьев дает возможность использовать третье ближайшее расстояние между деревьями в качестве параметра для выявления связей с площадью ячеек, а следовательно, и с подеревными показателями полноты и запаса (табл. 5–7).

Таблица 5

Индивидуальная полнота по диаметру и третьему расстоянию, $\text{м}^2/\text{га}$

Диаметр, см	Третье расстояние, м												
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7
4	8,7	5,3	3,7	2,8	2,2	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1	0,9	0,9	0,8
8	26	16	11	8,4	6,7	5,6	4,7	4,1	3,6	3,2	2,8	2,6	2,4
12	50	30	21	16	13	11	8,9	7,7	6,8	6,0	5,4	4,9	4,5
16	79	48	33	25	20	17	14	12	11	10	9	8	7
20	112	68	48	36	29	24	20	17	15	14	12	11	10

24	150	91	63	48	38	32	27	23	20	18	16	15	13
28	191	116	81	61	49	40	34	30	26	23	21	19	17
32	237	143	100	76	61	50	42	37	32	29	26	23	21
36	285	172	121	92	73	60	51	44	39	34	31	28	26
40	337	204	143	108	86	71	60	52	46	41	37	33	30
44	392	237	166	126	100	83	70	61	53	47	42	38	35
48	450	272	191	144	115	95	81	70	61	54	49	44	40
52	511	309	216	164	131	108	92	79	69	62	55	50	46
56	575	348	243	184	147	122	103	89	78	69	62	56	51
60	641	388	271	206	164	136	115	99	87	77	70	63	57

Таблица 6

Индивидуальный запас по диаметру и третьему расстоянию при среднем разряде высоты, м³/га

Диаметр, см	Третье расстояния, м												
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7
4	473	287	202	153	123	101	86	74	65	58	52	47	43
8	645	392	275	209	167	138	117	101	89	79	71	65	59
12	773	470	330	250	200	166	141	122	107	95	85	77	71
16	879	534	375	285	228	188	160	138	121	108	97	88	80
20	971	590	414	315	252	208	177	153	134	119	107	97	89
24	1054	640	449	341	273	226	192	166	146	129	116	105	96
28	1129	686	481	366	292	242	205	178	156	139	125	113	103
32	1199	728	511	388	310	257	218	188	166	147	132	120	109
36	1263	767	539	409	327	271	230	199	175	155	139	126	115
40	1324	804	565	429	343	284	241	208	183	163	146	132	121
44	1382	839	589	448	358	296	251	217	191	170	153	138	126
48	1437	873	613	466	372	308	261	226	198	176	159	144	131
52	1489	904	635	482	386	319	271	234	206	183	164	149	136
56	1539	935	656	499	399	330	280	242	213	189	170	154	141
60	1587	964	677	514	411	340	289	250	219	195	175	159	145

Таблица 7

Индивидуальный запас по высоте среднего разряда шкалы высот и третьему расстоянию, м³/га

Высота, м	Третье расстояния, м												
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7
2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
4	3,3	2,0	1,4	1,1	0,9	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3
6	14	8,6	6,0	4,6	3,7	3,0	2,6	2,2	2,0	1,7	1,6	1,4	1,3
8	40	24	17	13	10	8,5	7,2	6,2	5,5	4,9	4,4	4,0	3,6
10	88	54	38	29	23	19	16	14	12	11	9,7	8,8	8,0
12	169	103	72	55	44	36	31	27	23	21	19	17	15
14	294	179	125	95	76	63	53	46	41	36	32	29	27
16	474	288	202	154	123	102	86	75	65	58	52	47	43
18	723	439	308	234	187	155	131	114	100	89	80	72	66
20	1 054	640	449	341	273	226	192	166	146	129	116	105	96
22	1 483	900	632	480	384	318	269	233	205	182	164	148	135
24	2 024	1 229	863	656	524	434	368	318	280	249	223	202	185

По итогам обработки данных составлены ряды распределения частот наблюдаемых значений основных таксационных показателей, согласно которым построены 3М модели поверхностей распределения. Статистические модели для расчета таксационных таблиц показателей индивидуальной полноты, индивидуального запаса получены методом множественного регрессионного анализа. Число соседей – параметр размещения, изначально содержащий в себе обязательное свойство. Минимальное возможное число соседей, очевидно, не может иметь значение менее 3-х штук на дерево. Среднее значение данного показателя величина постоянная и на любом этапе развития насаждения составляет 6 штук на дерево. Проведенный анализ множественной регрессии показателей параметров размещения выявил тесную связь между площадью ячейки и третьим расстоянием до ближайшего соседа ($R^2 = 0,72$). Это означает, что такие трудоемкие для определения значений параметры размещений, как площадь ячейки и среднее расстояние, имеют для таксации насаждений только исследовательское и вспомогательное значение. Определять индивидуальные таксационные характеристики густоты, полноты, запаса в насаждении для принятия решений в практических целях можно опираясь на корреляционные связи по легко определяемым значениям: одного из расстояний ближайшего соседства, диаметру и высоте ствола.

E-mail для переписки: fbudalniilh@yandex.ru

Литература

1. Вагин, В.А. Площадь роста и форма стволов ели / В.А. Вагин // Совершенствование научного обеспечения лесохозяйственного производства : Тезисы докладов Всесоюзной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и специалистов отрасли, Пушкино, 15-17 октября 1990 г. – Пушкино: Изд-во ВНИИЛМ, 1990. – С. 11.
2. Вернадский, В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения / В.И. Вернадский. – М. : Наука, 1965. – 374 с.
3. Вороной, Г.Ф. Избранные труды / Г.Ф. Вороной. – Киев, 1952. – С. 239-368.
4. Галицкий, В.В. О моделировании продукционного процесса в растительном сообществе / В.В. Галицкий // Моделирование биогеоценотических процессов. – М.: Наука, 1981. – С. 104-118.
5. Ивашкевич, Б.А. Девственный лес, особенности его строения и развития / Б.А. Ивашкевич // Лесное хозяйство и лесная промышленность. – 1929. – № 10. – С. 36-44; № 11. – С. 40-47; № 12. – С. 41-46.
6. Кениг, Г. Лесная математика / Г. Кениг. – СПб.: Типография императорской академии наук, 1881. – 687 с.
7. Кишенков, Ф.Ф. Закономерности образования и роста элементарных структур насаждения / Ф.Ф. Кишенков // Лесная геоботаника и биология древесных растений : Сб. науч. тр. / БИТМ. Брянск, 1985. – С. 42-48.
8. Кузьмичев, В.В. Эколого-ценотические закономерности роста разновозрастных сосновых древостоев: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук / В.В. Кузьмичев. – Красноярск, 1980. – 31 с.
9. Лебединский, В.В. Метод симметрии в изучении морфоструктуры насаждений / В.В. Лебединский // Использование и воспроизводство лесных ресурсов Дальнего Востока: Тезисы докладов Всесоюзной конференции, Хабаровск, ноябрь 1972 г. – Хабаровск, 1972. – Ч. 1. – С. 203-205.
10. Менделеев, Д.И. Измерения деревьев и другие данные о приросте лесов в Уральских краях // Менделеев Д.И. Работы по сельскому и лесному хозяйству / Д.И. Менделеев. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – С. 312-380.
11. Морозов, Г.Ф. Учение о лесе / Г.Ф. Морозов. – Изд. 4. – М.-Л. : Госиздат, 1928. – 366 с.
12. Самойлович, Г.Г. Некоторые задачи в области изучения морфологии насаждений / Г.Г. Самойлович // Термодинамика живых систем : Тр. ЛТА. – Л., 1966. – Вып. 104. – С. 37-42.
13. Сукачев, В.Н. Дендрология с основами лесной геоботаники / В.Н. Сукачев. – Л.: Гослестехиздат, 1934. – 614 с.
14. Филиппов, Г.В. Структура таксационного выдела / Г.В. Филиппов // Лесоустройство, таксация и аэрометоды : Сб. науч. тр. / ЛенНИИЛХ. – Л., 1978. – Вып. 28. – С. 63-70.
15. Эйтинген, Г.Р. Избранные труды / Г.Р. Эйтинген. – М.: Сельхозиздат, 1962. – С. 57-78.

16. Ястребов, А.Б. О процессе дифференциации древостоя / А.Б. Ястребов // Вестн. Ленингр. ун-та, 1989. – Сер. 3. – Вып. 1, № 3. – С. 45-53.

DOI 10.21178/160524.68

УДК712:630*56(477.61)

Оценка естественного возобновления основных лесобразующих пород в Луганской Народной Республике

© О.В. Грибачева¹, А.В. Мозговой²

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Луганский государственный аграрный университет имени К.Е. Ворошилова,

291008, Россия, Луганская Народная Республика, г. Луганск, р-н Артёмовский, городок. ЛНАУ, д. 1

²Государственное учреждение Луганской Народной Республики «Луганская агролесомелиоративная научно-исследовательская станция», 292833, Россия, Луганская Народная Республика, Беловодский район,

с. Третьяковка, ул. Колхозная, д. 12

Приводится анализ состояния искусственного и естественного лесовозобновления в парке-памятнике садово-паркового искусства «Острая Могила» в ЛНР. В связи с изменением климатических условий и почвоутомляемостью из-за ограниченного ассортимента растений жизнеспособность насаждений постепенно снижается. Установлено, что самосев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) отсутствует, а имеется мелкий и средний подрост клена остролистного (*Acer platanoides* L.) и липы сердцелистной (*Tilia cordata* Mill.). На естественное возобновление липы освещённость оказывает влияние в большей степени, чем на возобновление клена.

The analysis of the state of artificial and natural reforestation in the park-monument of landscape art "Acute Grave" in the LPR is given. Due to changing climatic conditions and soil fatigue due to a limited range of plants, the viability of plantations is gradually decreasing. It was found that there is no self-seeding of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), but there is a small and medium undergrowth of holly maple (*Acer platanoides* L.) and heart-leaved linden (*Tilia cordata* Mill.). The natural renewal of the linden tree is influenced by illumination to a greater extent than the renewal of the maple tree.

Леса Луганской Народной Республики преимущественно созданы искусственным путем, и лишь незначительное их количество имеет естественное происхождение. Естественные леса в республике сосредоточены в пойме р. Северский Донец и её ответвлений и на дне балок и оврагов.

Согласно основ государственной политики в области лесопользования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в Российской Федерации на период до 2030 г. для лесной отрасли была определена задача интенсификации и воспроизводства лесов. Хотя в целом это больше всего касается лесопромышленных территорий, где лесопользование рассматривается в традиционном понимании без побочных пользований леса, а также без сохранения экосистемных функций лесов. В России аспект в лесном хозяйстве ставится на принципы устойчивого управления лесами и на внедрение интенсификации использования и воспроизводства лесов. А.А. Бондарев, А.А. Онучин и др., считают, что в эксплуатационных лесах необходимо выделять зону интенсивного лесопользования с образованием соответствующей подкатегории и разработать для нее комплекс нормативов в соответствии с «Концепцией интенсификации использования и воспроизводства лесов» [1, 2]. Формирование непрерывно-производственного леса с относительно небольшими

оборотами рубки, – прежде всего на основе лесных плантаций – возможно на принципах концессионных соглашений, где концессионером будет выступать заинтересованный в эксплуатации создаваемого объекта лесопромышленный бизнес [2]. Концессионные схемы, ориентированные на привлечение долгосрочных инвестиций лесопромышленного бизнеса, могут быть перспективны и в других конкретных условиях формирования более сложных непрерывно-производственных лесов. Для этого необходимо на законодательном уровне расширить установленный перечень объектов концессионных соглашений [1, 4].

Промышленная заготовка леса в Луганской Народной Республике не ведется, и леса выполняют преимущественно лесозащитную и водоохранную функцию, сохраняют биоразнообразие растительного и животного мира. Я.Д. Фучило и другие учёные, считали одним из направлений интенсификации лесохозяйственного производства плантационное лесовыращивание, которое бы ускорило выращивание целевых сортиментов ели, псевдосуги и лиственницы [3]. Однако, промышленное лесовыращивание не приобрело распространение, так как это направление требует значительных капиталовложений. В республике много сельскохозяйственных земель, которые заброшены или же истощены, и как результат выведены из сельскохозяйственного оборота. Они зарастают не ценными породами и сорной растительностью. В связи, с чем возникает возможность их отвода под промышленные плантации, но только под те ценные древесные или кустарниковые породы, которым подходит химический и физический состав почвы. Во-первых, практически все они расположены на транспортно-освоенной территории, а во вторых – на этих землях не наблюдается процессов почвоутомляемости, так как до этого лесные культуры на них не выращивались. Кроме того, мы существенно снижаем вероятность эрозионных процессов, которые часто наблюдаются в Донбассе в связи с её с сильной расчленённостью территории.

Лесозащитные насаждения в Луганской Народной Республике в основном спелые и перестойные. В связи с изменением климатических условий и почвоутомляемостью продуктивность спелых насаждений и приживаемость молодых насаждений постепенно снижается. В лесных культурфитоценозах республики, в связи с ограниченным ассортиментом древесно-кустарниковых пород и произрастанием одних и тех же пород на одном месте долгое время, наблюдается накопление в этих местах болезней и насекомых. Кроме того, причина этого явления заключается в том, что во время разработки мероприятий по повышению продуктивности древостоев не учитывается процесс смены растительных формаций, который даёт возможность максимально использовать природный потенциал, и не всегда проводят мероприятия по содействию естественного возобновления.

На территории Луганской Народной Республики эксплуатационных лесов нет, поэтому необходимо учитывать природные процессы, происходящие в лесу и содействовать естественному возобновлению с учётом лесорастительных условий, которые на территории республики очень разнообразны. Одной из важных проблем степного лесного хозяйства является дотирование, так как невозможно при современных реалиях получить товарную древесину высокого качества и лесничества сами не могут заработать, чтобы окупить расходы на технику и зарплату людям. Согласно «Концепции интенсивного использования и воспроизводства лесов», разработанной Санкт-Петербургским научно-исследовательским институтом лесного хозяйства, задачи, которые стоят перед лесным хозяйством следующие: формирование и поддержание актуальной лесоустроительной и иной информации; обеспечение условий для долгосрочных инвестиций в лесной фонд и лесопереработку; увеличение вовлечения защитных лесов в частичный экономический оборот при условии выполнения ими защитных функций; сохранение по меньшей мере существующей доли защитных лесов; сохранение и развитие экологических ценностей лесов; сохранение биоразнообразия.

Нами изучались естественные возобновительные процессы, происходящие в лесозащитных насаждениях парка-памятника садово-паркового искусства «Острая Могила». Цель работы – оценить успешность возобновления основных лесообразующих пород на территории, на которой ведутся только санитарные рубки. Исследования проводились в лесопарковой части, где в состав насаждения при его создании были включены и интродуценты.

Расположен парк-памятник в городской черте города Луганска, на землях Луганского лесничества в кварталах № 33 и № 34 (общая площадь 86 га). Преимущественно это небольшие лесные выделы, лесные культуры на которых создавались с самого начала залесения территории. До 1950 г. отведенную под центр отдыха территорию занимали малоценные участки и непахотные земли с выходом мергеля. Лесная растительность, за исключением древостоев в балке на юго-восточном склоне от мемориального холма, здесь отсутствовала. Посадка лесных культур проводилась в 1951 году кулисами из двух-трех рядов, в которых высаживали одну главную либо одну сопутствующую породу.

Для исследований, выбраны преимущественно наибольшие участки – лесные выделы – в кварталах № 33-34, лесные культуры в которых создавали с самого начала залесения данной территории (рис. 1). Так в 33 квартале исследовано насаждение в выделах 2, и 3, в 34 квартале – в выделах 3 и 5.

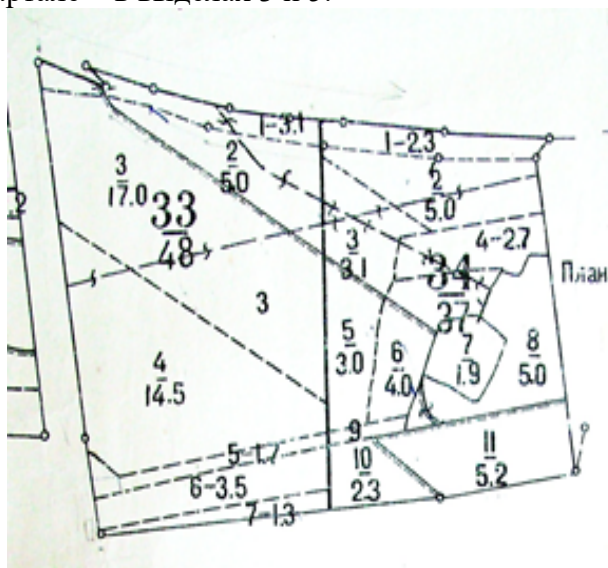


Рис. 1. Лесоустроительный планшет 2006 г.

Квартал 33. Выдел 3. Площадь 17,5 га. Лесные культуры – 4Доб1Лпм1Кло4Соб + Ясзл, а подлесок – АКЖ. Сомкнутость – 0,40. Четвёртая группа возраста. Третий класс бонитета. Тип лесорастительных условий – сухая клёно-липовая дубрава (Д1БКД). Полнота насаждения – 0,80. Суммарный запас древесины на 1 га – 177 куб. м.: клёна остролистного – 0,31 куб. м., дуба черешчатого – 1,24 куб. м., сосны обыкновенной – 1,24 куб. м, липы мелколистной – 0,31 куб. м. Хозяйственное мероприятие – выборочная санитарная рубка (18 м³) [5].

Размер пробной площади составил 1 га. При закладке пробной площади были использованы общепринятые биогеоценологические и геоботанические методики. Выявление видового состава, численности и качества подроста проводили на 20 постоянных круговых учётных площадках площадью 1×1 м. Их размещали на ходовых линиях, которые располагали на одинаковом расстоянии друг от друга, параллельно ряду изучаемой древесной породы.

На учётных площадках в междурядье между кленом остролистным и липой мелколистной в целом преобладает подрост клена остролистного: мелкий (до 0,5 м) – 576 шт., средний – 83 шт., крупный – 10 шт. Среди подроста липы мелколистной было

выявлено наибольшее количество мелкого – 275 шт. и отсутствие крупного подроста (табл.).

Таблица

Высота подроста основных лесообразующих пород на круговых учётных площадках в междурядье между клёном остролистным (*Acer platanoides* L.) и липой сердцелистной (*Tilia cordata* Mill.)

Номер круговой учётной площадки	Распределение подроста по категориям высот, шт.					
	Клен остролистный			Липа сердцелистная		
	Мелкий (до 0,5 м)	Средний (0,51-1,5 м)	Крупный (более 1,5 м)	Мелкий (до 0,5 м)	Средний (0,51-1,5 м)	Крупный (более 1,5 м)
1	43	7	3	3	–	–
2	31	6	–	2	–	–
3	27	–	–	11	2	–
4	41	1	–	12	–	–
5	30	1	–	11	–	–
6	15	1	–	11	–	–
7	8	1	–	7	–	–
8	27	1	–	6	–	–
9	44	2	–	25	–	–
10	56	2	–	28	–	–
11	40	2	–	23	3	–
12	51	4	–	45	3	–
13	32	16	–	21	1	–
14	53	7	–	2	–	–
15	41	12	1	4	–	–
16	3	3	1	4	4	–
17	7	3	–	16	3	–
18	16	4	–	27	–	–
19	4	1	–	16	–	–
20	5	6	1	1	–	–
Всего:	576	83	10	275	16	–

Примечание. (–) Подрост данной категории отсутствует.

Наименьшее количество подроста клена остролистного наблюдалось на следующих круговых учётных площадках: № 6 – 16 шт., № 7 – 9 шт., № 8 – 28 шт., № 16 – 7 шт., № 17 – 10 шт., № 18 – 20 шт., № 19 – 5 шт., № 20 – 12 шт. Среди них на учётных площадках № 13, № 16, № 8, № 20 наблюдается наличие травянистой растительности с проективным покрытием 60-70 %. Выявлено, что наибольшее количество среднего подроста было отмечено на учётных площадках № 13 – 16 шт. и № 15 – 12 шт. На этих площадках освещённость составляла 4200 Люкс и 5000 Люкс соответственно, а средняя – 4600 Люкс. Крупный подрост наблюдался на учётных площадках: № 1 – 3 шт. (4200 Люкс), № 15 (5000 Люкс), № 16 (3100 Люкс), № 20 (4100 Люкс) – по 1 шт., а среднее значение – 4104 Люкс. Наибольшее количество мелкого подроста при отсутствии крупного подроста наблюдалось на следующих учётных площадках: № 10 – 56 шт. (3000 Люкс), № 14 – 53 шт. (2200 Люкс), № 12 – 51 шт. (4200 Люкс), а средняя освещённость – 3133 Люкс. Снижение количества мелкого подроста от 20 до 31 шт., при отсутствии крупного подроста и незначительном количестве среднего подроста, наблюдается на учётных

площадках № 2 – освещённость 1100 Люкс, № 3 – 1600 Люкс, № 5 – 3000 Люкс, № 8 – 1400 Люкс, а средняя – 2450 Люкс. Хотя на учётной площадке № 13 мелкого подроста было всего лишь 32 шт., но этому способствовало не освещение 4200 Люкс, а травянистая растительность. Наличие всех категорий подроста клена остролистного наблюдается на следующих учётных площадках: № 1 – 53 шт. (освещённость – 4200 Люкс), № 15 – 54 шт. (5000 Люкс), № 16 – 7 шт. (3100 Люкс, наличие травянистой растительности), № 20 – 12 шт. (4100 Люкс), при средней освещённости – 4100 Люкс.

В целом в междурадьё между кленом остролистным и липой сердцелистной мелкого подроста больше чем среднего и крупного и это соотношение составляет 58:8:1. Освещённость в междурадьё в меньшей степени влияет на количество подроста клена остролистного, а в большей степени на его качество. При средней освещённости 4100 Люкс на учётных площадках наблюдается наличие всех категорий подроста по высоте, а именно от мелкого до крупного. При повышении освещённости до 4600 Люкс количество среднего подроста увеличивается, а мелкого уменьшается. Тогда как при понижении освещённости до 3133 Люкса увеличивается количество мелкого подроста, а среднего – уменьшается. При освещённости 2450 Люкс происходит уменьшение всех категорий подроста клена остролистного по высоте. Кроме того, не маловажным фактором является проективное покрытие площадок травянистой растительностью.

Преобладающими категориями подроста липы сердцелистной по высоте на учётных площадках были: мелкий и средний, а крупный подрост отсутствует. Соотношение среднего и мелкого подроста составляет 17:1. Мелкий и средний подрост наблюдался на учётных площадках № 3 – 11 и 2 шт. соответственно (освещённость 3500 Люкс), № 11 – 23 и 3 шт. (4000 Люкс), № 12 – 45 и 3 шт. (4200 Люкс), № 13 – 21 и 1 шт. (4200 Люкс), № 16 – 4 и 4 шт. (3100 Люкс), № 17 – 16 и 3 шт. (4200 Люкс). Средняя освещённость на них составила (3867 Люкс). Однако это не оптимальный показатель, так как не все категории подроста по высоте представлены на учётных площадках. На учётных площадках № 10 количество мелкого подроста составляло 28 шт. (освещение 3000 Люкс), № 18 – 27 шт. (1600 Люкс), № 9 – 25 шт. (1800 Люкс), а средний показатель освещения – 2133 Люкс. При этом среднего подроста не обнаружено. Тогда как наибольшее количество среднего подроста липы сердцелистной было на учётных площадках № 11 – 3 шт. (4100 Люкс), № 12 – 3 шт. (4200 Люкс), № 17 – 3 шт. (4200 Люкс), при среднем значении – 4167 Люкс. На естественное возобновление липы сердцелистной освещённость оказывает влияние в большей степени, чем на возобновление клена остролистного. Это свидетельствует о том, что липа сердцелистная менее теневыносливая, чем клен остролистный. Липа сердцелистная занимает в ценозе более светлые местообитания.

Среди других лиственных древесно-кустарниковых пород преобладает мелкий подрост ясеня зелёного (*Fraxinus lanceolata* Borkh.), груши обыкновенной (*Pyrus communis* L.), дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), клена татарского (*Acer tataricum* L.), вяза малого (*Ulmus minor* Mill.), караганы древовидной (*Caragana arborescens* Lam.), бирючины обыкновенной (*Ligustrum vulgare* L.) (рис. 2).

Среднего подроста было незначительное количество, и он был представлен такими древесными породами как груша обыкновенная, карагана древовидная, бирючина обыкновенная и клен татарский. Крупный подрост был выявлен только у караганы древовидной.

В большинстве случаев восстановительные сукцессии на вырубках, даже с проведенными лесовосстановительными мероприятиями, ничем не отличаются от таковых, где эти мероприятия не проводились. Если происходит естественная смена хвойных лесов на мягколиственные, то она идет независимо от принимаемых мер по предотвращению этого процесса.

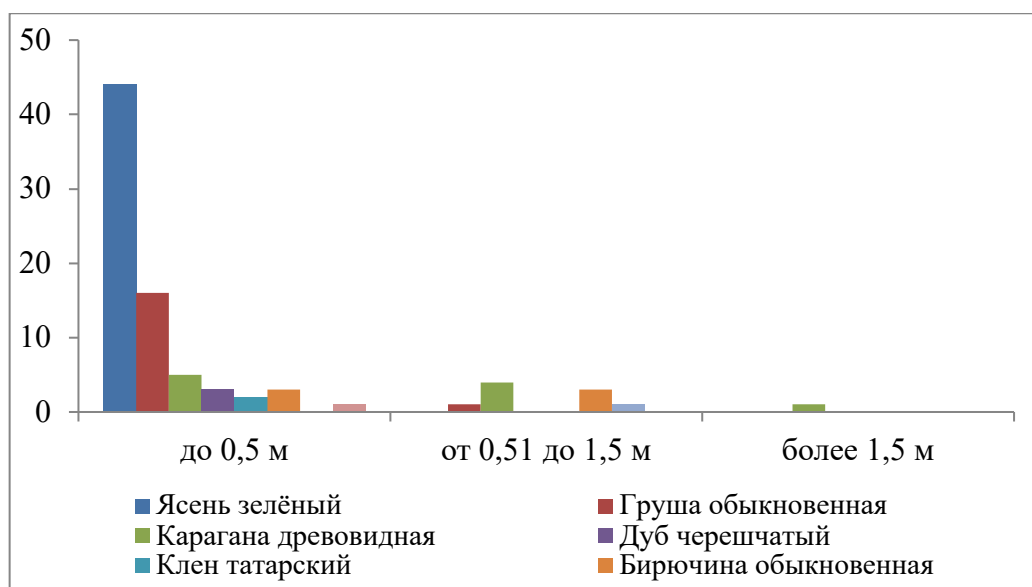


Рис. 2. Подрост древесно-кустарниковых пород в междурядье между кленом остролистным и липой сердцелистной

Таким образом, в результате наших исследований установлено, что естественное возобновление сосны обыкновенной и крымской во многих лесозащитных насаждений республики не наблюдается, хотя при этом взрослые деревья были в удовлетворительном состоянии. Хорошее возобновление сосны обыкновенной и крымской наблюдается на песчаных землях в Станично-Луганском административном районе и близлежащих территориях республики. Хотя в целом лучшее возобновление в республике отмечено у сосны крымской даже на суглинистых землях. Для восстановления лесозащитных насаждений необходимо проведение реконструктивных рубок и замены низкопродуктивных насаждений высокопродуктивными [5]. Необходимым условием является также содействие естественному возобновлению [6].

Освещённость в междурядье между кленом остролистным и липой сердцелистной в меньшей степени влияет на количество подроста клена остролистного, а в большей степени на его качество. При средней освещённости 4100 Люкс на учётных площадках наблюдается наличие всех категорий подроста по высоте, а именно от мелкого до крупного. При повышении освещённости до 4600 Люкс количество среднего подроста увеличивается, а мелкого уменьшается. Тогда как при понижении освещённости до 3133 Люкса увеличивается количество мелкого подроста, а среднего – уменьшается. При освещённости 2450 Люкс происходит уменьшение всех категорий подроста клена остролистного по высоте. На естественное возобновление липы сердцелистной освещённость оказывает влияние в большей степени, чем на возобновление клена остролистного. Это свидетельствует о том, что липа сердцелистная менее теневыносливая, чем клен остролистный. Липа сердцелистная занимает в ценозе более светлые местообитания. Кроме того, не маловажным фактором является проективное покрытие площадок травянистой растительностью. В исследуемых насаждениях отмечается отсутствие подроста сосны обыкновенной и взрослые деревья находятся в неудовлетворительном состоянии. Так как отмечается подрост дуба черешчатого в насаждении, предлагаем проведение мероприятий по реконструкции насаждения и внедрение в него ценных лиственных пород.

E-mail автора для переписки: kafles@mail.ru

Литература

1. Бондарев, А.И. О концептуальных положениях интенсификации использования и воспроизводства лесов в Сибири / А.И. Бондарев, А.А. Онучин, В.В. Читоркин, В.А. Соколов // ИВУЗ. Лесной журнал. – 2015. – № 6. – С. 25-34.
2. Концепция интенсивного использования и воспроизводства лесов. – СПб. : ФБУ «СПбНИИЛХ», 2015. – 16 с.
3. Дебринюк, Ю.М. Планаційне лісовирощування: обґрунтування, функціонування та перспективи впровадження / Ю.М. Дебринюк // Науковий вісник НЛТУ України. – 2008. – Вип. 18.3. – С. 7-12.
4. Измestьев, А.А. Непрерывно-производительный лес как эталонная модель системной организации воспроизводства в лесном хозяйстве / А.А. Измestьев // Лесной вестник / Forestry Bulletin. – 2018. – Т. 22, № 6. – С. 5-13.
5. Грибачева, О.В. Изучение состава подростa в насаждениях парка-памятника садово-паркового искусства «Острая Могила» / О.В. Грибачева, О.И. Чепиженко, А.Л. Кравец, Д.В. Сотников // Научный вестник Государственного образовательного учреждения Луганской Народной Республики «Луганский национальный аграрный университет». – 2019. – № 6 (20). – С. 155-166.
6. Грибачева, О.В. Лесовосстановление в степной зоне как обязательный элемент непрерывного использования лесов / О.В. Грибачева, А.И. Чернодубов, О.В. Знайдюк // Развитие идей Г.Ф. Морозова при переходе к устойчивому лесопользованию: сборник научных трудов Международной научно-технической юбилейной конференции, Воронеж, 20-21 апреля 2017 г. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова. – С. 139-142.

DOI 10.21178/160524.75

УДК 633.872.1:57.085.23

Индукция соматического эмбриогенеза дуба черешчатого (*Quercus robur* L.)

© О.Ю. Гусева*

Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии, ул.
Ломоносова 105, Воронеж, 394087, Россия

Актуальность исследований вызвана рядом трудностей при традиционном размножении дуба черешчатого. Клонирование *in vitro* данной породы с помощью апикальных меристем может быть ограничено снижением эффективности ризогенного ответа с возрастом дерева-донора. Разработка технологии клонального микроразмножения дуба на основе соматического эмбриогенеза позволит повысить регенерационный потенциал культур, а также значительно сократить сроки получения качественного растительного материала от хозяйственно-ценных генотипов взрослых деревьев. Начаты эксперименты по инициации соматоэмбриогенеза дуба черешчатого с использованием различных типов эксплантов. Определены оптимальные условия культивирования для ранних и поздних этапов развития эмбриоидов, полученных из зиготических зародышей 40-летних деревьев.

The relevance of the research is associated with difficulties in the traditional propagation of pedunculate oak. *In vitro* cloning of this breed using apical meristems may be limited due to a decrease in the effectiveness of the rhizogenic response with the age of the donor tree. The development of technology for clonal micropropagation of oak based on somatic embryogenesis will increase the regenerative potential of crops, as well as significantly reduce the time required to obtain high-quality plant material from economically valuable genotypes of adult trees. Experiments have been started on the initiation of somatic embryogenesis in oak petiolate using various types of explants. Optimal cultivation conditions have been determined for the early and late stages of development of embryo obtained from zygotic embryos of 40-year-old trees.

Актуальность применения метода соматического эмбриогенеза для представителей рода *Quercus* обусловлена трудностями как при традиционных способах размножения (невозможностью черенкования взрослых деревьев, непродолжительным сроком хранения желудей), так и культивировании *in vitro* микропобегов, полученных от старовозрастных деревьев. Соматический эмбриогенез может стать альтернативным способом длительного сохранения и массового воспроизводства ценных экземпляров дуба в культуре *in vitro*. Впервые прямой соматический эмбриогенез для дуба черешчатого был инициирован в 1990 году [1] на незрелых зиготических зародышах. Однако использование в качестве эксплантов междоузлий побегов и листьев приводило лишь к образованию рыхлого каллуса [1]. Впоследствии инициировать соматоэмбриогенез при культивировании незрелых зародышей и пыльников удалось и для других видов дуба (*Quercus petraea*, *Q. suber*, *Q. semecarpifolia* [2-4]). Также встречались случаи непрямого соматического эмбриогенеза через каллусную ткань с использованием семядолей [2], а также вегетативных частей растения (листьев) [5]. В целом, прямой соматоэмбриогенез чаще

наблюдается на поверхности зиготических зародышей при участии проэмбриогенных детерминированных клеток. Для индукции непрямого соматического эмбриогенеза необходима перестройка клеток экспланта на эмбриональный путь через образование каллуса [6].

Эффективность инициации соматических зародышей зависит от генотипа растения-донора, физиологического состояния и времени отбора эксплантов, а также условий культивирования на различных стадиях эмбриогенеза [7]. Так, созревание зародышей часто происходит при низких положительных температурах в темноте с добавлением в питательную среду аскорбиновой кислоты (АБК) [7-9]. Отмечено положительное влияние активированного угля (АУ) в качестве адсорбента токсичных (фенольных) соединений, выделяющихся в процессе культивирования эксплантов [7].

Несмотря на преимущества данного метода, по-прежнему существуют проблемы, связанные с соматической изменчивостью эмбриоидов [6]. В связи с этим требуется проводить контроль сохранности генотипа у полученных микрорастений с помощью молекулярно-генетических методов. Так, ученые из Португалии изучали генетическую стабильность соматических зародышей, полученных из листьев взрослых деревьев пробкового дуба. Результаты показали полную идентичность растений-регенерантов и исходного дерева по генотипу [5].

Потребность освоения метода соматического эмбриогенеза обусловлена трудностями клонального микроразмножения отдельных экземпляров взрослых деревьев дуба, имеющих селекционную ценность. Под влиянием правильно подобранных концентраций экзогенных гормонов можно переключить соматические клетки экспланта на путь эмбриогенеза. При этом из одной клетки формируется эмбриоид, который впоследствии развивается в проросток. Все этапы развития соматических зародышей проходят аналогично развитию зиготических (глобула, сердечко, торпеда, проросток).

Цель настоящего исследования - определение условий индукции соматического эмбриогенеза дуба черешчатого.

Объекты и методы

В качестве первичных эксплантов для исследования использовали незрелые зиготические зародыши от 40-летних деревьев, произрастающих на территории Семилукского лесопитомника, а также вегетативные части (фрагменты зеленых побегов) от 200-летнего дуба черешчатого из Орловской области.

Для стерилизации зеленых побегов от 200-летнего дерева использовали раствор мертиолята в течение 13 минут. Желуди от 40-летних деревьев обрабатывали средством «Domestos» (10 минут). Далее в условиях ламинар-бокса из них извлекали незрелые зародыши, которые помещали в биологические пробирки с питательной средой. Для инициации соматического эмбриогенеза у всех типов эксплантов использовали среду MS, содержащую α -НУК 2 мг/л и 6-БАП 1 мг/л. Пролиферацию эмбриональной массы осуществляли при пониженном содержании регуляторов роста (α -НУК 0,1 мг/л и 6-БАП 0,1 мг/л). Все первичные экспланты от 200-летнего дерева вначале культивировали на свету (2000 люкс) при 16-ти часовом фотопериоде и $t = 25$ °С. Затем часть из них была помещена в темноту. Зиготические зародыши от 40-летних деревьев изначально культивировали в темноте при температуре 25 °С. Далее все культуры с зародышами на поздних стадиях развития переносили в климатическую камеру с освещенностью 5000 люкс.

Для окрашивания клеток каллусной ткани, полученной от 200-летнего дерева, использовали краситель метиленовый синий. Просмотр образцов осуществляли на микроскопе Axio Vert.A1 с увеличением объектива $\times 4$. Макрофотографии эмбриоидов получали с помощью микроскопа стереоскопического МБС-10 с микрофотонасадкой МФН-20 и цифрового беззеркального фотоаппарата Fujifilm X-E2.

Результаты исследования

40-летние деревья. В течение двух-трех недель культивирования на питательной среде с α -НУК и 6-БАП в темноте происходило набухание зиготических зародышей и появление полупрозрачных зернистых скоплений, которые в дальнейшем приобретали форму глобулы и сердечек (рис. 1).

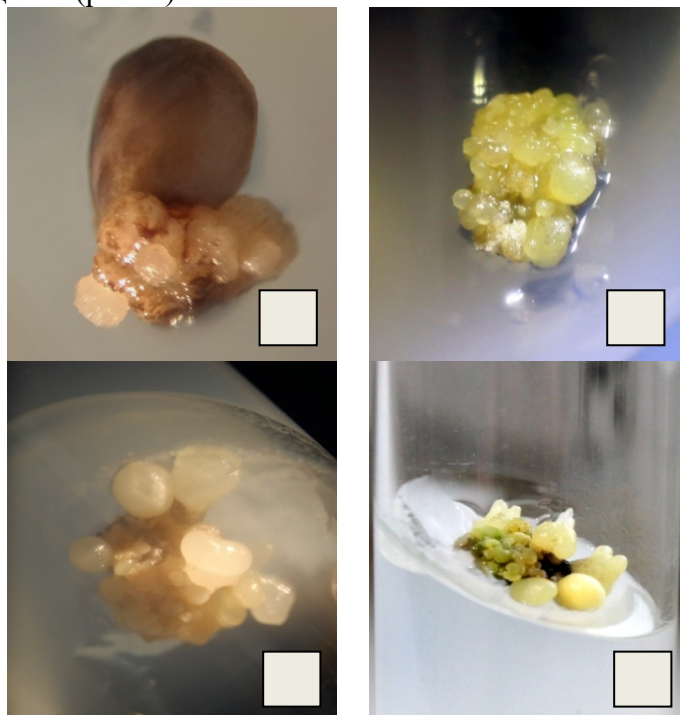


Рис. 1. Соматический эмбриогенез у культур 40-летнего дерева дуба черешчатого: А – образование эмбрионного каллуса на первичном экспланте (зиготическом зародыше), В и С – соматические зародыши на стадиях глобулы и сердечка, D – дальнейшее развитие эмбриоидов на свету

На питательной среде с пониженным содержанием регуляторов роста происходила пролиферация эмбрионной ткани и образование новых соматических зародышей (рис. 2А). В пределах одного экспланта встречались эмбриоиды на стадиях глобулы и сердечка. После переноса культур на свет (5000 люкс) зародыши постепенно приобретали зеленый цвет и переходили в торпедовидную и семядольную стадии развития (рис. 2В).

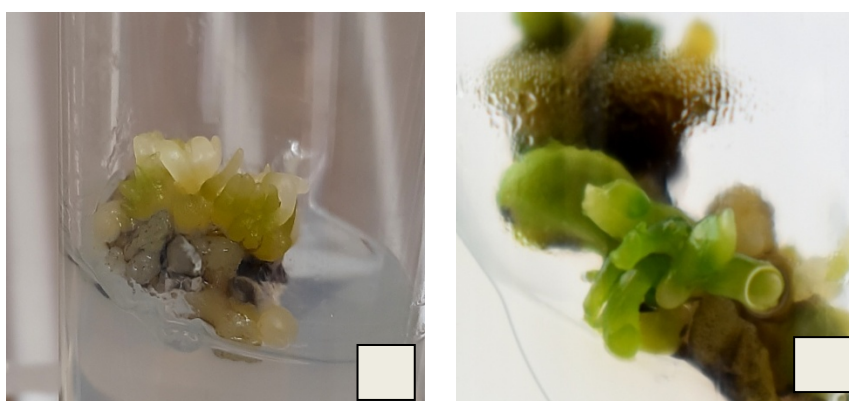


Рис. 2. Вторичный соматический эмбриогенез (А) и эмбриоиды на поздних стадиях развития (В)

200-летнее дерево. Через 3-4 недели на первичных эксплантах (части зеленых побегов) от 200-летнего дерева развивался каллус бежевого и зеленого цвета рыхлой или плотной консистенции. После переноса части культур в темноту через 2 недели на

поверхности первичного каллуса происходило вторичное каллусообразование в виде структур полупрозрачного цвета, жизнеспособность и размножение которых удавалось поддерживать с помощью регулярного субкультивирования каждые 3 недели на свежие среды того же состава. Просмотр препаратов под микроскопом показал начинающийся процесс дифференцировки клеток в полученной ткани. Образование подобных структур типа эмбриональных трубок может указывать на потенциально эмбриогенную природу данного каллуса (рис. 3 и 4).

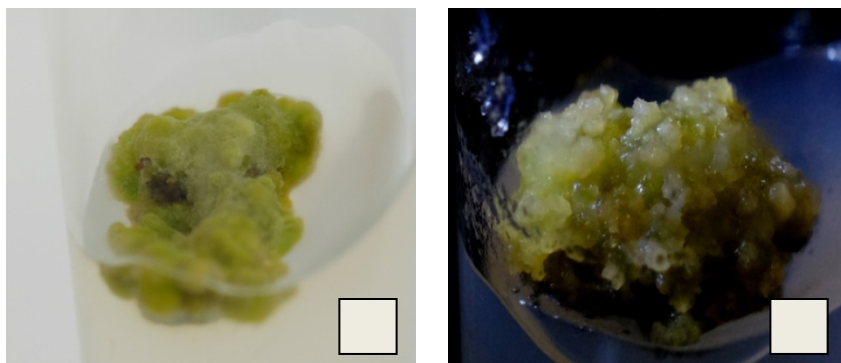


Рис. 3. Каллусогенез на эксплантах 200-летнего дуба черешчатого в культуре *in vitro*: А – образование первичного каллуса (неэмбриогенного) через 1 месяц от начала культивирования на свету, В – вторичный каллусогенез после переноса эксплантов в темноту

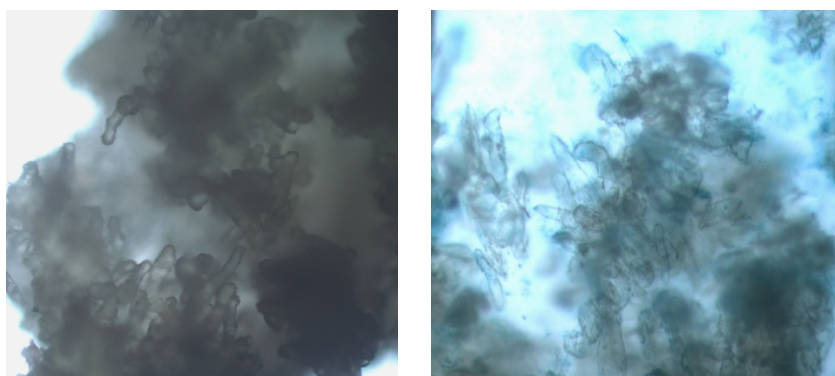


Рис. 4. Дифференцировка клеток вторичного каллуса, полученного от 200-летнего дерева дуба черешчатого после культивирования в темноте на питательной среде с α -НУК и 6-БАП в соотношении 2:1

Известно, что поляризация и удлинение растительных клеток являются ключевыми моментами, сигнализирующими об их переходе на путь соматического эмбриогенеза [10]. Однако в нашем случае развитие эмбриоидов из полученного каллуса не происходило, что могло быть связано с неподходящими условиями культивирования для данного типа эксплантов (междоузлия побегов), а также генотипом и физиологическим состоянием исходного дерева.

Таким образом, определены условия инициации соматических эмбриоидов на зиготических зародышах от 40-летнего дуба черешчатого. На питательной среде MS с α -НУК и 6-БАП в темноте наблюдалось формирование соматоэмбриоидов на стадии глобулы, сердечка и торпеды. При переносе культур на свет происходило дальнейшее развитие зародышей. В каллусной ткани, полученной из фрагментов побегов 200-летнего дерева, наблюдался процесс дифференцировки клеток, что может свидетельствовать об их переходе на путь эмбриогенеза. Исследования по инициации соматического эмбриогенеза дуба черешчатого, а также оптимизации отдельных этапов культивирования эмбриоидов будут продолжены.

*E-mail автора для переписки: guseva.oks2017@yandex.ru

Литература

1. Chalupa, V. Plant regeneration by somatic embryogenesis from cultured immature embryos of oak (*Quercus robur* L.) and linden (*Tilia cordata* Mill.) / V. Chalupa // Plant Cell Reports. – 1990. – No 9. – P. 398-401.
2. Tamta, S. Conservation through in vitro method: A case of plant regeneration through somatic embryogenesis in *Quercus semecarpifolia* Sm. / S. Tamta, L.M.S. Palni, P. Vyas [et al.] // Journal of American Science. – 2009. – Vol. 5(1). – P. 70-76.
3. Chalupa, V. Vegetative propagation of oak (*Quercus robur* and *Q. petraea*) by cutting and tissue cult / V. Chalupa // Ann. Sci. For. – 1993. – No 50, Suppl 1 – P. 295-307.
4. Jörgensen, J. Embryogenesis in *Quercus petraea* / J. Jörgensen // Ann. Sci. For. – 1993. – No 50, Suppl 1 – P. 344-350.
5. Fernandes, P. Genetic stability evaluation of *Quercus suber* L. Somatic embryogenesis by RAPD analysis / P. Fernandes, C.R.A. Costa, C. Santos // Pak. J. Bot. – 2011. – Vol. 43(6) – P. 2727-2731.
6. Wilhelm, E. Somatic embryogenesis in oak (*Quercus* spp.) / E. Wilhelm // In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant. – 2000. – No 36. – P. 349-357.
7. Митрофанова, И.В. Соматический эмбриогенез и органогенез как основа биотехнологических систем получения и сохранения декоративных и плодовых культур / И.В. Митрофанова // Труды Никитского ботанического сада. – 2009. – Т. 131. – С. 9-22.
8. Manzanera, J.A. Somatic Embryo Induction and Germination in *Quercus suber* L. / J.A. Manzanera, R. Astorca, M.A. Bueno // Silvae Genetica. – 1993. – No 42. – P. 90-93.
9. Bueno, M.A. Primeros ensayos de inducción de embrioides somáticos de *Quercus suber* L. / M.A. Bueno, J.A. Manzanera // Scientia Gerundensis. – 1992. – No 18. – P. 29-37.
10. Третьякова, И.Н. Соматический эмбриогенез лиственниц и кедра сибирского в Сибири / И.Н. Третьякова, А.В. Барсукова // Лесоведение. – 2012. – № 6. – С. 63-70.

DOI 10.21178/160524.80

УДК 630*11:630*568(470.11)

Проверка экспресс-метода определения качества древесины в наиболее продуктивных переувлажненных сосняках на южном и северном пределах северной тайги Архангельской области

© А.В. Давыдов^{*1,2}, А.П. Богданов¹, С.В. Третьяков^{1,2}, И.В. Цветков^{1,2}, А.А. Парамонов¹,
А.А. Карабан¹

¹ФБУ «СевНИИЛХ», улица Никитова, 13, Архангельск, 163062, Россия

²ФГАОУ ВО «САФУ имени М.В. Ломоносова», Набережная Северной Двины, 17, Архангельск, 163002, Россия

В контексте внедрения интенсификации лесопользования и лесовосстановления в северо-таежных лесах Архангельской области имеет смысл задействовать наиболее продуктивные переувлажненные сосняки, предварительно измеренное качество древесины которых сопоставимо с требованиями для авиационных пиломатериалов. В ходе исследования проверен экспресс-метод определения базисной плотности древесины по кернам на высоте ствола 1,3 м. Измерения проведены в средневозрастных сосняках, произрастающих в условиях динамики между застойным и проточным увлажнением. Экспресс-метод в основном занижает показатели плотности, но высокая точность близка к установленной ФБУ «СевНИИЛХ».

In the context of introducing forest use and restoration intensification in the northern taiga forests of the Arkhangelsk region, it makes sense to use the most productive swampy pine forests, whose pre-measured wood quality is comparable to the requirements for aircraft lumber. During the research, an express method for determining the basic density of wood from kernals at a trunk height of 1.3 m was tested. The measurements were carried out in middle-aged pine forests growing under conditions of dynamics between stagnant and flowing moisture. The express method mainly underestimates density indicators, but the high accuracy is close to that established by the Federal Budgetary Institution “Northern Research Institute of Forestry”.

Введение

В одной из первых советских публикаций о биохимических процессах внутри сосен (*Pinus sylvestris* L.), которые произрастают на избыточно-увлажненных почвах, отмечается, что избыточное увлажнение в значительной мере препятствует поглощению корнями минеральной и азотистой пищи. Наиболее уязвимыми древесными фракциями в плане сокращения содержания питательных веществ, которое наблюдается также после периода высокого стояния почвенно-грунтовых вод, являются древесина и кора ствола. Указанное исследование было проведено в 1958 году в чистых сфагново-черничных сосняках 55-летнего возраста на территориях Охтенского и Лисинского лесхозов Ленинградской области [17].

Приведенные данные являются примером классического представления о том, что избыточное увлажнение лесных земель в условиях Северо-Запада России приводит к значительному снижению производительности лесов. У переувлажненных сосен снижаются годовые приросты, ухудшаются физико-механические свойства, а вследствие этого техническое качество древесины. Последнее закономерно возрастает в динамике от

худших условий произрастания к лучшим, но в таежной зоне закономерно понижается вместе с повышением географической широты (рис. 1) [10, 14, 18, 24].

Согласно литературным данным, средняя базисная плотность древесины спелых

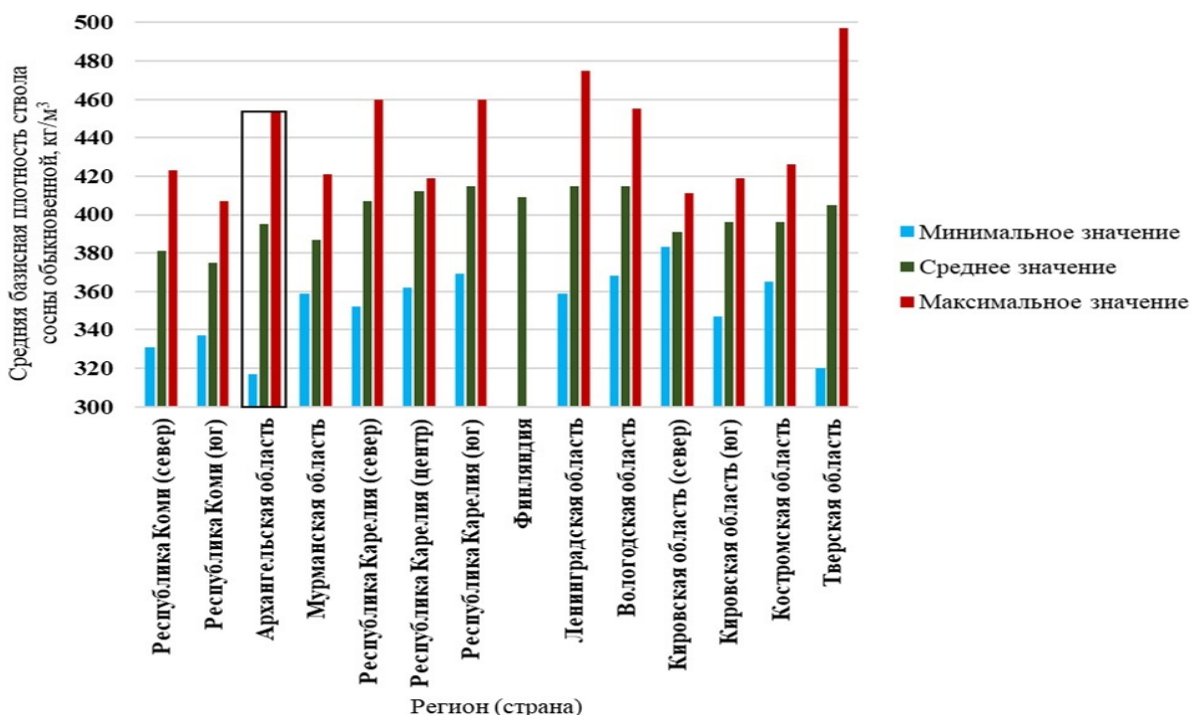


Рис. 1. Показатели средней базисной плотности ствола сосны обыкновенной, кг/м³, в отдельных регионах Европейской части России [11] и в Финляндии [14]

сосновых древостоев Архангельской области составляет 395 кг/м³ [16]. Другие авторы утверждают, что средний показатель базисной плотности древесины сосны в пределах СЗФО России равен 400 кг/м³ [24].

В этом контексте следует обратиться к исследованиям изменения качества древесины, которое происходит в следствие лесосушения. В Архангельской области первые научные работы по этой теме были проведены под руководством Ивана Степановича Мелехова, который является одним из основоположников современного древесиноведения на лесоводственной основе. Результаты опубликованы в одном из первых выпусков издания «Лесной журнал» в 1958 году [8].

Качество древесины было исследовано в сосновых молодняках, произрастающих на первых объектах осушения вблизи г. Архангельска, созданных вручную. Сегодня эта территория относится к Архангельскому лесничеству, включенному в Арктическую зону Российской Федерации (АЗРФ). Указанное осушение имело место на обоих берегах реки Северная Двина и было осуществлено с целью создания стока для открытых болот вдоль будущего места прокладки железной дороги, впервые проводимой в г. Архангельск. При оценке полученных результатов было обнаружено сходство показателей качества древесины осушаемых кустарниково-сфагновых молодняков с данными, полученными в сосняках брусничных [8].

Представленные выводы И.С. Мелехова послужили одним из ключевых аргументов в пользу принятого государством решения о начале работы по гидротехнической мелиорации в Архангельской области. К самым мероприятиям, которые стали первыми на Европейском Севере, впервые приступили в 1962 году изначально на территории

Архангельского лесничества. Гидролесомелиорация проводилась с целью ежегодного содействия естественному возобновлению хвойных древостоев на площади равной годичной площади вырубаемой лесосеки. Причина заключалась в близком расположении Архангельской лесопромышленной базы, связанной с деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленностью, которым требовалась качественная древесина. Указанным путем советские деятели лесного хозяйства стремились к непрерывному равномерному лесопользованию на лесосеках одной из важнейших в этом контексте территорий страны [3, 19, 20, 21, 23].

В 1960-е годы Европейский Север являлся ведущим лесопромышленным регионом СССР. Рубки главного пользования составляли 98-99 % от годичного отпуска леса. В пределах Архангельской, Котласской и Сыктывкарской лесопромышленных баз был сосредоточен практически весь объем лесоперерабатывающего производства на Севере СССР. Экспорт продукции лесопромышленных предприятий Архангельской области и Коми АССР составлял 67 % пиломатериалов, 72 % фанеры, 76-87 % древесных плит, 95 % тары, 50 % деловой и 25 % дровяной древесины от общего объема производства. В этой связи предполагалось укрупнение отрасли, что приводило к постановке вопроса об интенсификации ведения лесного хозяйства. От успешности решения этого вопроса напрямую зависел успех развития всей экономики Европейского Севера СССР [3, 20, 22, 23].

В указанный исторический период доля площадей с избыточным и временно-избыточным увлажнением среди важнейших лесопромышленных регионов составляла: до 49 % в Архангельской области и до 51 % в Коми АССР. В свою очередь Мурманская область была заболоченной только на 6 %, что позволяло охватить большую часть ее лесозэксплуатационных районов высокой интенсивностью лесопользования, при которой расчетная лесосека использовалась с перерубами. Однако, средний прирост древесины в лесах Архангельской области оценивался в 1,1 м³/га, в Коми АССР – в 0,9 м³/га, в Мурманской области – в 0,4 м³/га. Естественное возобновление на вырубках оценивалось, как успешное, поскольку в первые 10 лет хвойными и лиственными породами возобновлялись 60-65 % вырубок. Состояние лесовосстановительных работ в Мурманской области и Коми АССР признавалось неудовлетворительным из-за качества лесных культур и недостаточного количества мероприятий по лесовосстановлению, что совокупно препятствовало ликвидации разрыва между рубкой леса и его восстановлением. В свою очередь в Архангельской области при низком качестве лесных культур объемы работ были гораздо значительнее. Подавляющее большинство площадей лесокультурного фонда, подлежащих закультивированию, а именно 61 % в Архангельской области и 55 % в Коми АССР были представлены избыточно увлажненными и временно переувлажненными почвами. При этом переход на более эффективный метод – метод посадки, позволил в период с 1966 по 1971 годы повысить приживаемость лесных культур в Архангельской области на 1,5 %. Соответственно, содействие естественному возобновлению и повышению приростов избыточно увлажненных древостоев путем гидротехнической мелиорации в Архангельской области было очень своевременной мерой [15, 22, 23].

Гидролесомелиоративные работы и работы по реконструкции сетей были прекращены в 1990-е годы. В настоящее время реконструкция осушительных сетей в Архангельской области не планируются, но леса, произрастающие в условиях переувлажнения, продолжают занимать особое место в ведении лесного хозяйства Архангельской области [12].

Однако, в данный момент идет подготовка к внедрению интенсивной модели лесопользования в северо-таежной части региона. В контексте чего видится перспективным также включение в лесопользование наиболее продуктивных кустарничково-сфагновых сосняков, показатели качества древесины которых в ходе

предварительной оценки по древесным кернам на высоте 1,3 м сопоставимы с осушаемыми древостоями [5, 13, 14].

Ключевым показателем при указанном подходе является плотность древесины. Чем она выше, тем лучше качество продуктов переработки леса, таких как пиловочник и продукция целлюлозно-бумажного производства [24].

Для ее упрощенного определения сотрудниками ФБУ «СевНИИЛХ» разработан экспресс-метод. Для его разработки использованы материалы 118 пробных площадей. Определены показатели макроструктуры и технических свойств 1800 модельных деревьев, произрастающих в различных древостоях на протяженности от 60° до 66° с.ш., что сопоставимо с южной и северной границами Архангельской области, включающей среднетаежные, северо-таежные и притундровые леса. Метод представляет собой двухфакторное линейное уравнение, для применения которого требуются средние показатели ширины годичного слоя (Ш.Г.С.) и процента поздней древесины (П.Д. %), определенные по замерам протяженности ранней и поздней древесины годичных слоев древесного керна. Их корреляция с базисной плотностью, определенной авторами по классическому методу максимальной влажности (опытной плотности), отмечается и другими авторами. Разработчики отмечают, что расхождение показателей базисной плотности, определенной двумя методами, находится в пределах 0,7–4,8 %, что уместно для предварительной оценки качества древесины [6, 14, 18, 24].

Применение экспресс-метода опробировано в ряде публикаций в изданиях 1 квартала ВАК за последние 10 лет, среди которых Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии и Известия высших учебных заведений. Лесной журнал [3, 16].

Базисная плотность древесины осушаемых сосняков, определенная по уравнению отличается от опытной в пределах 1,09–5,53 %, что близко к значениям, полученным разработчиками [16]. Однако, в отношении избыточно-увлажненных сосняков исследований не проводилось. Не менее интересным представляется сравнение плотности сосновых древостоев на южной границе северной тайги Архангельской области с сосняками на ее северном пределе, который относится к АЗРФ, так как в теории показатель должен уменьшаться.

Цель исследования – проверить расхождение базисной плотности, определенной экспресс-методом, с опытной плотностью в сосняках кустарничково-сфагновых, произрастающих на южном и северном пределах северной тайги Архангельской области.

Материалы и методы исследования

Мероприятия по закладке и таксации насаждений проводили в 2022 году по актуальным методическим рекомендациям. Выделение возрастных поколений проведено в силу разницы возраста на 2 класса, разницы средних диаметров на более чем 6 см и наличия запаса старшего поколения не менее 20 % от общего [7].

Постоянная пробная площадь № 10 (1998) располагается на территории Емцовского учебно-опытного лесничества Обозерского лесничества приблизительно на 500 м севернее озера, имеющего карстовое происхождение и глубину до 6 м (рис. 2). Благоприятное влияние карста привело также к появлению древостоев лиственницы (*Larix sibirica* Ledeb.), в том числе около озера, так как немногочисленные лиственничники в Архангельской области предпочитают карстовые ландшафты [9].

Пробная площадь № 12, заложена на границе с открытым болотным пространством, которое находится в Онежском участковом лесничестве Онежского лесничества и располагается на некотором отдалении от склона. Указанный участок имеет место быть, приблизительно, на 3 км восточнее побережья Белого моря (рис. 3).

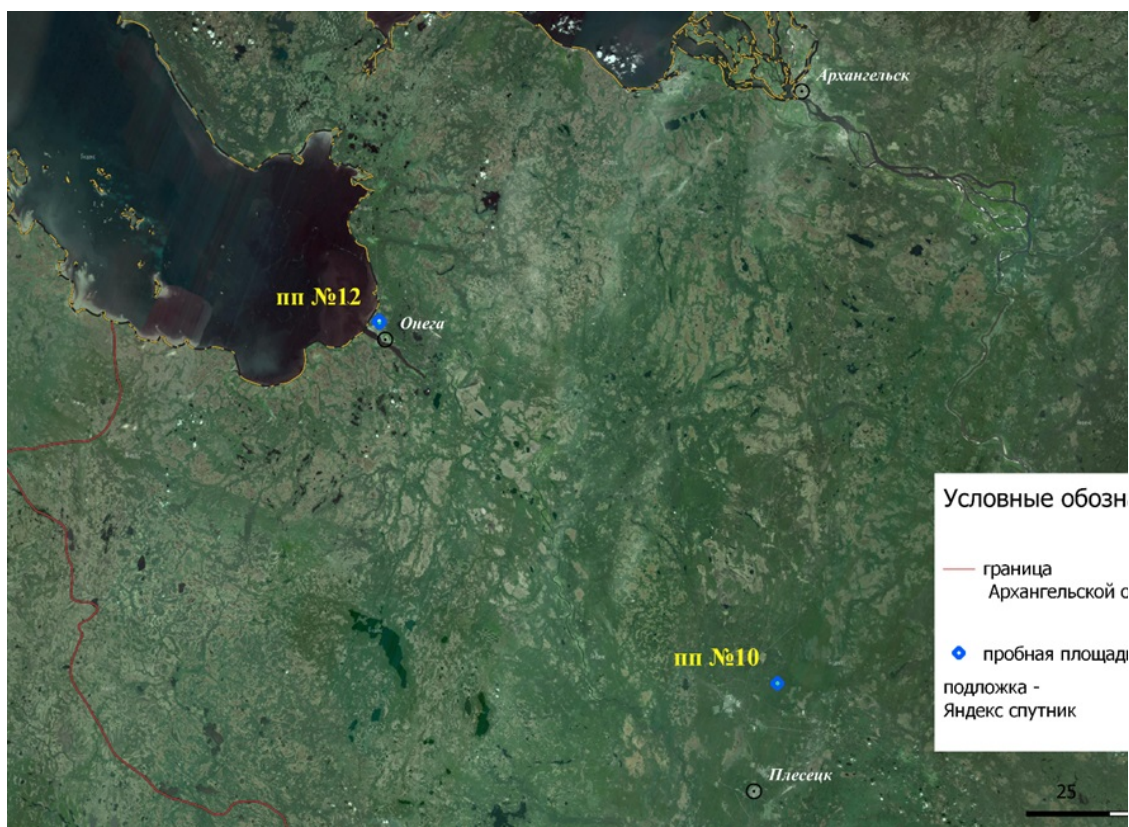


Рис. 2. Схема расположения пробных площадей на территории Архангельской

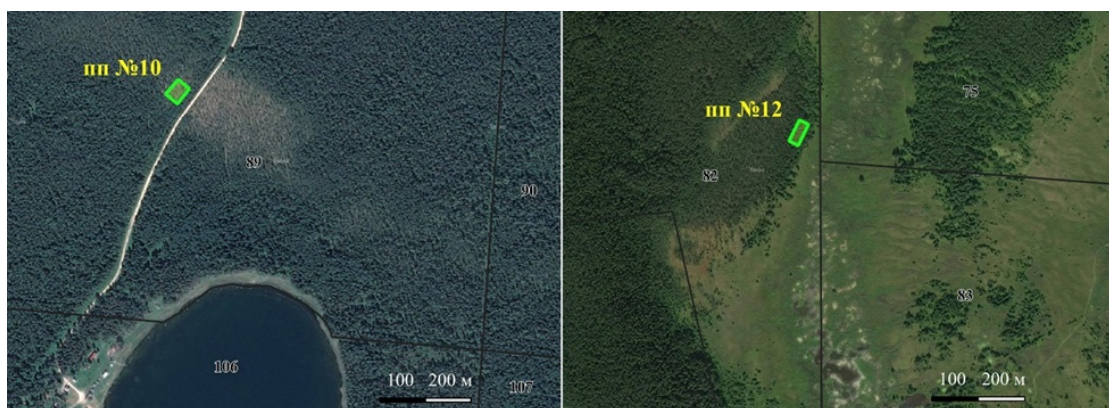


Рис. 3. Расположение пробных площадей на местности: пробная площадь № 10, Емцовское учебно-опытное участковое лесничество Обозерского лесничества, квартал 89, координаты: 63.003334° с. ш., 40.428886° в. д.; пробная площадь № 12, Онежское участковое лесничество Онежского лесничества, квартал 82, координаты: 63.950646° с. ш., 38.085037° в. д.

Таксационная характеристика переувлажненных насаждений на объектах исследования

Номер объекта площадь, га	Класс бонитета	Тип леса	Состав	Порода	Средние			G, м ² /га	Полнота	Запас, м ³ /га	
					А, лет	Н, м	Д, см			растущего	сухого
Емцовское учебно-опытное участковое лесничество Обозерского лесничества											
10 (1998) 0,1324	V	С _{ос.-сф.}	63С(120)37С(43) ед.Б	С	43	5,3	5,7	3,73	0,23	13	0,1
				С	120	12,0	19,2	4,23	0,16	22	3,2
				Б	43	3,0	2,8	0,01	-	-	-
Итого	-	-	-	-	-	-	-	7,97	0,39	35	3,3
10 (2022) 0,1324	V	С _{ос.-сф.}	70С(57)30С(149) ед.Б	С	57	9,4	8,6	8,44	0,39	46	3,6
				С	149	14,3	20,7	2,79	0,10	20	4,1
				Б	67	3,0	3,0	0,01	-	-	-
Итого	-	-	-	-	-	-	-	11,24	0,49	66	7,7
Онежское участковое лесничество Онежского лесничества (АЗРФ)											
12 (2022) 0,1000	IV	С _{к.-сф.}	90С(54)10Б(42)	С	54	15,3	13,2	28,98	0,96	227	42,7
				Б	42	13,5	10,1	2,96	0,13	25	-
Итого	-	-	-	-	-	-	-	31,94	1,09	252	42,7



Рис. 4. Сосняк осоко-сфагновый
в Емцовском учебно-опытном лесничестве
Обозерского лесничества (приблизительно,
в 500 м от карстового озера)

На пробной площади № 10 произрастает 125 шт./га жизнеспособного соснового подроста в пересчете на крупный. В травяно-кустарничковом ярусе живого напочвенного покрова (ЖНП) пробной площади № 10 преобладают осоки (*Carex* L.), черника (*Vaccinium myrtillus* L.) и голубика (*Vaccinium uliginosum* L.), встречается также брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.). Подлесок представлен единичными экземплярами карликовой березы (*Betula nana* L.). Характеристика ЖНП свидетельствует о переходных условиях произрастания между проточным и застойным заболачиванием (рис. 4).



Рис. 5. Наиболее сухой участок кустарничково-сфагнового сосняка вблизи болота в Онежском участковом лесничестве Онежского лесничества (АЗРФ)

В свою очередь естественное возобновление на пробной площади № 12 было представлено редкими единичными экземплярами мелкой сосны и крупной березы (*Betula pendula* Roth). В подлеске встречается угнетенная ива (*Salix* L.). Среди кустарничков преобладали брусника и морошка (*Rubus chamaemorus* L.). В наиболее сухом месте почва покрыта листовым опадом и ветвями, среди которых присутствовали черника и щитовник Линнея (*Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newman), что более характерно для условий произрастания с проточным увлажнением вблизи рек, ручьев и других лесных водоемов (рис. 5).

Базисную плотность, определяли экспресс-методом по кернам, взятым на высоте ствола 1,3 м, используя уравнение [18]:

$$\rho_{\text{баз}} = 279.3 - 10.8 \cdot \text{Ш.Г.С.} + 4.9 \cdot \text{П.Д.}\%, \quad (1)$$

где $\rho_{\text{баз}}$ – базисная плотность древесины, кг/м³;

Ш.Г.С. – средняя ширина годичного слоя, мм;

П.Д.% – процент поздней древесины, %.

Замеры приростов ранней и поздней древесины проводили с помощью оптико-электронного измерителя пробы зерна Corim Maxi с точностью до

0,01 мм.

Следует отметить, что базисная и опытная (условная) плотности представляют собой один и тот же показатель ($\rho_{\text{баз}} = \rho_{\text{усл}}$), но в контексте сравнения двух методов специально обозначаются разными наименованиями [11, 14, 18, 24].

Опытную плотность рассчитывали по кернам, взятым на высоте ствола 1.3 м, используя формулу [12]:

$$\rho_{\text{усл}} = \frac{1000}{\frac{m_w}{m_0} - 0.346}, \quad (2)$$

где $\rho_{\text{усл}}$ – опытная (условная) плотность древесины, кг/м³;

m_w – вес керна с точностью до 0.0001 г при максимальной влажности, достигнутой путем отмачивания 4–5 дней в дистиллированной воде, г;

m_0 – вес керна с точностью до 0.0001 г, доведенного до абсолютно сухого состояния в сушильном шкафу при температуре 105 °С, г.

Статические расчеты проводили в программных пакетах Microsoft Excel 365 и Statistica 13.3.

Значения базисной и опытной плотности также приводили к показателям плотности при нормализованной влажности (12 % – ρ_{12}) и плотности в абсолютно сухом состоянии (ρ_0), чтобы их можно было использовать в ходе других исследований [11, 24].

Для пересчета на ρ_{12} использовали уравнение [11]:

$$\rho_{12} = \frac{\rho_{\text{баз}}}{0.802}. \quad (3)$$

Пересчет на ρ_0 проводили по формуле [11]:

$$\rho_0 = \rho_{\text{баз}} \frac{100}{100 - \beta_V}, \quad (4)$$

где β_V – полная объемная усушка, %.

Для сосны обыкновенной β_V , как правило, составляет 15 % [24].

Для интерпретации полученных показателей качества древесины проводили их сопоставление с ГОСТ 968-68, в котором изложены требования для авиационных пиломатериалов при влажности 15 %. Для приведения к ρ_{12} показатели ρ_{15} делили на коэффициент 1,014 [11].

В этой связи по замерам приростов дополнительно определяли число годичных слоев в 1 см радиуса ядра.

От плотности также зависит предел прочности при сжатии вдоль волокон (σ), измеряемый в МПа, который находили по уравнению [19]:

$$\sigma_{12} = 0.19\rho_{\text{баз}} - 35. \quad (5)$$

Для перевода показателей 1-й и 2-й групп качества древесины из ГОСТ 968-68 на влажность 12 % (σ_{12}) их делили на коэффициенты 0,850 и 0,849, соответственно, по ГОСТ 16483.10-73 [1, 2].

Результаты и обсуждение

Результаты пересчета показателей ГОСТ 968-68 на ρ_{12} и σ_{12} представлены в таблице 2.

Таблица 2

Представленные для сравнения показатели качества древесины сосны, соответствующие авиационным пиломатериалам (рассчитаны для всех районов СССР) [2]

Группа качества древесины	Процент поздней древесины, %	Число слоев в 1 см радиуса образца	Плотность при нормализованной влажности (ρ_{12})	Предел прочности при сжатии вдоль волокон при нормализованной влажности (σ_{12}), МПа
1	25	5-20	505	47
2	20	3-25	465	41

На пробной площади № 10 было взято 10 кернов сосны обыкновенной на высоте 1.3 м у деревьев разных ступеней диаметра, а на пробной площади № 12 для проверки изменчивости признака взято 20 кернов [11, 13, 14, 24].

Результаты измерения показателей качества древесины на объектах исследования представлены в таблице 3.

Судя по таблице 3, качество древесины на пробной площади № 10 соответствует 1-й группе показателей качества древесины авиационных пиломатериалов (таблица 2). В свою очередь значения на пробной площади № 12 ближе ко 2-й группе.

Значения асимметрии выборок изменяются у различных показателей в пределах от – 0,41 до 0,58 (вариация достоверности от 0,08 до 1,14), эксцесса – от -1,53 до -0,02 (вариация достоверности от 0,02 до 1,44), что подтверждает нормальность распределения. Коэффициенты изменчивости показателей плотности варьируется от 5,30 до 7,46 % в

зависимости от количества кернов.

Таблица 3

Средние показатели качества древесины средневозрастных сосняков на пробных площадях

Ш.Г.С., мм	П.Д., %	Число слоев в 1 см	Средние показатели плотности, кг/м ³				σ_{12} , МПа	
			$\rho_{баз}$	$\rho_{усл}$	$\frac{\rho_0}{\rho_0}(\rho_{баз})$ $\frac{\rho_0}{\rho_0}(\rho_{усл})$	$\frac{\rho_{12}}{\rho_{12}}(\rho_{баз})$ $\frac{\rho_{12}}{\rho_{12}}(\rho_{усл})$	$\rho_{баз}$	$\rho_{усл}$
Сосняк осоко-сфагновый, Емцовское учебно-опытное участковое лесничество								
$\frac{1,06 \pm 0,09}{8,04}$	$\frac{35 \pm 2,2}{6,19}$	$\frac{9 \pm 0,7}{7,67}$	$\frac{438 \pm 10,3}{2,36}$	$\frac{457 \pm 10,5}{2,29}$	$\frac{515 \pm 12,2}{538 \pm 12,9}$	$\frac{546 \pm 12,3}{570 \pm 13,1}$	$\frac{48 \pm 2,0}{4,07}$	$\frac{52 \pm 2,0}{3,83}$
Сосняк кустарничково-сфагновый, Онежское участковое лесничество								
$\frac{1,59 \pm 0,06}{3,95}$	$\frac{29 \pm 1,02}{3,51}$	$\frac{5 \pm 0,2}{3,76}$	$\frac{405 \pm 4,8}{1,18}$	$\frac{417 \pm 5,6}{1,25}$	$\frac{477 \pm 5,6}{490 \pm 6,1}$	$\frac{505 \pm 6,0}{520 \pm 6,5}$	$\frac{42 \pm 0,9}{2,17}$	$\frac{44 \pm 1,0}{2,24}$

Примечание. В числителе – показатель качества древесины / в знаменателе – точность опыта, %

Средняя ширина годовичного слоя по обоим объектам превышает показатели средневозрастных древостоев на объектах осушения в Архангельском лесничестве [4, 13]. Их различие достоверно ($t_{\phi} = -4,839$ при $t_{st} = 2,048$).

Средние показатели $\rho_{баз}$ и $\rho_{усл}$ имеют незначительное различие на обоих объектах, которое составляет 4,2 % и 2,8 % ($t_{\phi} = -1,304$; $-1,659$, соответственно, при $t_{st} = 2,101$; $2,024$). У 87 % процентов образцов показатель $\rho_{усл}$ превышает $\rho_{баз}$. Результаты по отдельным образцам отличаются в пределах 0,6–7,4 %.

Сравнение значений $\rho_{усл}$ на объектах исследования с результатами других исследований показывает, что базисная плотность древесины средневозрастных сосен в произрастающих в условиях между застойным и проточным заболачиванием ниже, чем в приспевающих и спелых сосняках кустарничково-сфагновых более типичных для АЗРФ в районе г. Архангельска (507 кг/м^3) и в районе г. Нарьян-Мара (478 кг/м^3). Полученные показатели $\rho_{усл}$ больше соответствуют минимальным и средним значениям для осушаемых сосняков кустарничково-сфагновых Архангельского лесничества (интервал $390\text{--}697 \text{ кг/м}^3$, в среднем $451\text{--}529 \text{ кг/м}^3$) [6, 13]. При этом следует отметить, что плотность древесины сосны имеет тенденцию к повышению до возраста спелости [20].

Средняя $\rho_{усл}$ сосняка на пробной площади № 10 также соответствует показателям приспевающих и спелых среднетаежных сосняков черничников влажных, произрастающих в районе г. Котласа и в районе г. Сыктывкара (448 и 457 кг/м^3) [6]. В свою очередь средняя $\rho_{усл}$ на объекте № 12 незначительно выше средних показателей по Архангельской области, что свидетельствует о значительном влиянии условий произрастания на макроструктуру и физико-механические свойства древесины [11, 16, 24].

Заключение

Использование экспресс-метода для предварительного определения качества древесины сосен по кернам на высоте 1,3 м представляется перспективным при внедрении интенсивной модели лесопользования в условиях Северо-таежного лесного района европейской части России. Сосняки, произрастающие в переходных условиях между застойным и проточным заболачиванием, могут отличаться сравнительно повышенной продуктивностью, а их показатели качества древесины соответствовать требованиям для авиационных пиломатериалов.

Публикация подготовлена по результатам научно-исследовательских работ, выполненных в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований в сфере деятельности Федерального агентства лесного хозяйства «Разработка цифровой имитационной модели динамики

экологического состояния и продуктивности лесных экосистем на переувлажненных землях под воздействием природных и антропогенных факторов» (регистрационный номер темы: 122020300230-5).

*E-mail автора для переписки: a.v.davydov@sevniilh-arh.ru

Литература

1. ГОСТ 16483.10–73. Древесина. Методы определения предела прочности при сжатии вдоль волокон = Wood. Methods for determining compressive strength along the fibers : межгосударственный стандарт : издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 23 октября 1973 г. № 2364 : введен взамен ГОСТ 16483.10-72 : дата введения 1974–07–01. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1999. – 7 с. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/17334/> (дата обращения: 18.03.2024).

2. ГОСТ 968–68. Пиломатериалы авиационные (бруски и доски). Технические условия = Aviation lumber (timbers and boards). Specifications : межгосударственный стандарт : издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР от 30 мая 1968 г. : введен взамен ГОСТ 968–49 : дата введения 1970–01–01 / подготовлен Министерством лесной, целлюлозно–бумажной и деревообрабатывающей промышленности СССР. – Москва : Стандартиформ, 2007. – 7 с. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/5477/> (дата обращения: 18.03.2024).

3. Гуцин, В.А. О перспективе развития лесопромышленных узлов и комплексов на Севере / В.А. Гуцин // Тезисы докладов к отчетной сессии отдела экономики и организации лесного хозяйства за 1966–1970 годы / Государственный комитет лесного хозяйства Совета Министров СССР ; Архангельский институт леса и лесохимии. – Архангельск : АИЛиЛХ, 1971. – С. 13–16.

4. Загородский, М.А. Плотность древесины сосны обыкновенной в осушаемом сосняке сфагновом / М.А. Загородский, С.В. Третьяков, С.В. Коптев. – EDN: KYTYOH. – DOI 10.37482/0536-1036-2023-2-160-171 // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2023. – № 2 (392). – С. 160–171. – URL: <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-2> (дата обращения 19.03.2024).

5. Интенсификация лесопользования: этапы внедрения // Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства : официальный сайт. – 2021. – URL: <https://spb-niilh.ru/news/intensifikaciya-lesopolzovaniya-etapy-vnedreniya>; свободный (дата обращения: 19.03.2024).

6. Корчагов, С.А. Изменчивость плотности древесины сосны обыкновенной в северо-восточной части ее ареала / С.А. Корчагов, Р.В. Щекалев, С.Е. Грибов, К.Л. Михайлов, Е.С. Чавчавадзе. – EDN: UUTGMV. – DOI: 10.17513/use.38168 // Успехи современного естествознания. – 2023. – № 12 – С. 39–44. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=59693724> (дата обращения: 19.03.2024).

7. Лесная таксация. Часть 4. Закладка, таксация и описание пробных площадей при проведении научных исследований и подготовке выпускных квалификационных работ : учебное пособие / С.В. Третьяков, С.В. Коптев, Е.Н. Наквасина, А.А. Бахтин, А.С. Ильинцев, А.П. Богданов, Ю.Е. Кекишева; САФУ имени М.В. Ломоносова. – Архангельск: Издательский дом САФУ, 2023. – 119 с. – ISBN 978-5-261-01654-0. – EDN: PFHNMS. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50449898> (дата обращения: 18.03.2024).

8. Мелехов, И.С. О влиянии осушения болотных сосняков на формирование древесины / И.С. Мелехов, Т.А. Мелехова // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 1958. – № 4. – С. 16–28. – URL: http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/2ca/16_28.pdf (дата обращения: 19.03.2024).

9. Неверов, Н.А. Влияние геоэкологических факторов среды на распространение лиственницы сибирской (*Larix sibirica*) в Архангельской области / Н.А. Неверов, В.В. Беляев. – EDN TJUNFN. –// Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. – 2014. – № 4. – С. 90–97. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23021938> (дата обращения: 19.03.2024).

10. Полубояринов, О.И. Географическая изменчивость плотности древесины сосны и ели на Севере европейской части СССР / О.И. Полубояринов, Р.Б. Федоров, А.Е. Филиппов //

Современные проблемы древесиноведения : Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции (22-24 сентября 1981 г.) / Министерство высшего образования СССР; Министерство лесной и деревообрабатывающей промышленности СССР; Центральный научно-исследовательский институт лесной генетики и селекции; Воронежское областное правление научно-технического общества бумажной и деревообрабатывающей промышленности; Воронежский Ордена Дружбы народов лесотехнический институт; редакционная коллегия : К.Ф. Дьяконов (научный редактор), В.А. Щекин (ответственный редактор), Н.И. Чубов, А.В. Веретенников, Н.И. Винник, И.В. Якимов, Н.Е. Косиченко. – Воронеж : Издательство «Коммуна», 1981. – С. 161–164.

11. Полубояринов, О.И. Плотность древесины / О.И. Полубояринов. – М.: Лесная промышленность, 1976. – 159 с.

12. Третьяков, С.В. Нормативное обеспечение лесохозяйственных мероприятий и лесопользования в таежной зоне Европейского Северо-Востока / С.В. Третьяков, С.В. Коптев, С.В. Ярославцев, Е.Н. Наквасина, А.А. Парамонов, И.В. Цветков, А.А. Карабан, А.В. Давыдов // Актуальные вопросы таежного и притундрового лесоводства на Европейском Севере России: Материалы научно-практической конференции– Архангельск, 23–24 ноября 2023 года / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации; Федеральное агентство лесного хозяйства (Рослесхоз); Федеральное бюджетное учреждение «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства» (ФБУ «СевНИИЛХ»); редакционная коллегия : Н.А. Демидова (ответственный редактор), Ю.Н. Шумилова, Т.М. Дуркина. – М. : Т8 Издательские Технологии, 2023. – С. 61–66. – ISBN 978-5-521-24031-9. – EDN: VRKWAW. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=59994986> (дата обращения: 18.03.2024).

13. Тюкавина, О.Н. Плотность древесины сосны в осушаемых сосняках кустарничково-сфагновых / О.Н. Тюкавина. – EDN: RQGNWI. – DOI 10.37482/0536-1036-2020-2-73-80 // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2020. – № 2 (374). – С. 73-80. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42654445> (дата обращения: 21.12.2023).

14. Усольцев, В.А. Квалиметрия фитомассы лесных деревьев: плотность и содержание сухого вещества : монография / В.А. Усольцев, И.С. Цепордей ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации : Уральский государственный лесотехнический университет ; Ботанический сад Уральского отделения Российской академии наук. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2020. – 178 с. – ISBN 978-5-94984-768-8. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44410422> (дата обращения: 18.03.2024).

15. Ушаков, Я.Д. О состоянии и перспективах развития лесовосстановления в гослесфонде Северо-Запада Европейской части РСФСР / Я.Д. Ушаков (Министерство лесного хозяйства РСФСР) // Состояние возобновления и пути формирования молодняков на концентрированных вырубках Северо-Запада Европейской части РСФСР: Тезисы докладов к Всесоюзному Совещанию (17-20 августа 1971 г.) / Государственный комитет лесного хозяйства Совета Министров СССР; Архангельский институт леса и лесохимии; НТО лесной промышленности лесного хозяйства ; редакционная коллегия : В.Г. Чертовской (ответственный редактор), А.В. Веретенников, В.Н. Драчков, Г.А. Чибисов, Н.П. Чупров. – Архангельск : типография имени Склепина. – С. 334–336.

16. Федотов, И.В. Влияние гидротехнической мелиорации на качество древесины сосны / И.В. Федотов, С.В. Третьяков, А.С. Ильинцев. – EDN: WAXVRL // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2016. – Вып. 214. – С. 131-140. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26180917> (дата обращения: 19.03.2024).

17. Хотянович, А.В. О характере влияния застойных почвенно-грунтовых вод на обмен веществ сосны / А.В. Хотянович // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 1959. – № 3. – С. 34–39. – URL: <http://lesnoizhurnal.ru/apxiv/1959/ЛЕСНОЙ%20ЖУРНАЛ%20№%203%201959.%200pdf.pdf> (дата обращения: 19.03.2024).

18. Чибисов, Г.А. Качество древесины сосны и ели. метод его определения / Г.А. Чибисов, С.А. Москалева, Л.Е. Крыжановская // Вопросы таежного лесоводства на Европейском Севере : сборник научных трудов / Федеральное агентство лесного хозяйства (Рослесхоз) ; Федеральное бюджетное учреждение «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства» (ФБУ «СевНИИЛХ») ; редакционная коллегия : Г.А. Чибисов (ответственный редактор), Л.Г. Гоголева (секретарь), Н.И. Вялых, Р.В. Сунгуров, Н.П. Чупров. – Архангельск: СевНИИЛХ, 2005. – С. 89-99.

19. Чибисов, Г.А. Повышение продуктивности лесов Европейского Севера / Г.А. Чибисов, И.В. Волосевич, Л.В. Лобова, Н.И. Вялых, А.А. Васильев, Б.Н. Прудов, В.Ф. Цветков, В.Я. Попов, В.М. Жариков, А.И. Артемьев, В.Г. Чертовской, А.В. Веретенников, В.Г. Боголепов, А.М. Тараканов, Г.А. Мочалова, А.Л. Паршевников, В.С. Серый, Ю.М. Бахвалов, В.Н. Драчков, В.И. Суханов, И.Н. Лукин ; Государственный комитет лесного хозяйства Совета Министров СССР ; Архангельский институт леса и лесохимии ; редакционная коллегия : Г.А. Чибисов (ответственный редактор), А.И. Артемьев, А.В. Веретенников, И.В., Волосевич, А.Л. Паршевников. – Архангельск: АИЛиЛХ, 1974. – 228 с.

20 Чупров, Н.П. Вопросы экономического обоснования интенсификации лесного хозяйства на Севере / Н.П. Чупров, З.И. Шувалова, Е.Ф. Степанова // Тезисы докладов к отчетной сессии отдела экономики и организации лесного хозяйства за 1966-1970 годы / Государственный комитет лесного хозяйства Совета Министров СССР; Архангельский институт леса и лесохимии. – Архангельск: АИЛиЛХ, 1971. – С. 45-48.

21. Чупров, Н.П. Значение лесов и лесного хозяйства Европейского Севера в обеспечении лесопотребляющих производств древесиной / Н.П. Чупров, З.И. Шувалова // Тезисы докладов к отчетной сессии отдела экономики и организации лесного хозяйства за 1966-1970 годы / Государственный комитет лесного хозяйства Совета Министров СССР ; Архангельский институт леса и лесохимии. – Архангельск : АИЛиЛХ, 1971.– С. 7-12.

22. Чупров, Н.П. Районирование лесов / Н.П. Чупров, З.И. Шувалова, Е.Ф. Степанова // Тезисы докладов к отчетной сессии отдела экономики и организации лесного хозяйства за 1966–1970 годы / Государственный комитет лесного хозяйства Совета Министров СССР; Архангельский институт леса и лесохимии. – Архангельск: АИЛиЛХ, 1971. – С. 40-45.

23. Чупров, Н.П. Состояние использования лесов и уровень ведения лесного хозяйства на Севере / Н.П. Чупров, З.И. Шувалова // Тезисы докладов к отчетной сессии отдела экономики и организации лесного хозяйства за 1966–1970 годы / Государственный комитет лесного хозяйства Совета Министров СССР ; Архангельский институт леса и лесохимии. – Архангельск : АИЛиЛХ, 1971. – С. 16-21.

24. Щекалев, Р.В. Древесиноведение на лесоводственной основе: Учебник / Р.В. Щекалев, С.А. Корчагов, Д.А. Данилов, В.И. Мелехов, Н.А. Бабич, О.И. Антонов, С.Е. Грибов, Д.А. Зайцев. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2023. – 381 с. – ISBN 978–5–907533–96–7. – EDN: NZEZZI. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54193996> (дата обращения: 18.03.2024).

DOI 10.21178/160524.92

УДК 630*2*5

Продуктивность смешанных культур сосны и ели в Ленинградской области

© Д.А. Данилов*, Д.Э. Раупова

СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, пер. Институтский, 5, Санкт-Петербург, 194021, Россия

В проведённом исследовании рассмотрено влияние состава насаждения на запас и таксационные характеристики смешанных культур сосны и ели в возраст 50 лет. Опытные объекты заложены по одной схеме смешения на почвах на двучленных наносах, и расположены в Гатчинском лесничестве Ленинградской области. Отмечено, что формируемый запас насаждений превышает средние справочные данные для региона исследования, чем чистые по составу искусственные древостои. Для создания максимального запаса стволовой древесины к возрасту спелости насаждения рекомендуемый состав древостоя с преобладанием сосны – 6С4Е или не менее 6-7 единиц ели в составе насаждения.

The study considers the influence of stand composition on the stock and taxation characteristics of mixed pine and spruce crops at the age of 50 years. The sample plots were established according to the same mixing plan on soils on double-member deposits, and are located in the Gatchina Forestry of the Leningrad Region. It is noted that the formed stock of stands exceeds the average reference data for the study region than pure artificial stands. In order to create the maximum stock of stem wood by the age of maturity of the stand, the recommended composition of pine-dominated stands is 6 units of pine and 4 units of spruce, or at least 6-7 units of spruce in the composition of the stand.

Переход на интенсивное лесное хозяйство это, прежде всего такой режим лесного хозяйства, при котором выращивание ценных с точки зрения экономики и экологии древесных растений определяет структуру и состав лесных насаждений. В связи с выше сказанным повышение продуктивности хвойных древостоев в Северо-Западном регионе России является актуальной задачей для практики и теории ведения лесного хозяйства. Выращивание оптимальных по составу насаждений сосны и ели позволяет решать эту задачу. В наиболее производительных условиях произрастания, совместное выращивание этих двух пород позволяет эффективнее использовать почвенное плодородие лесных земель и получать больший запас древесины [3, 4, 6].

Целью проведённого исследования было изучения продуктивности смешанных культур сосны и ели, созданных в Орлинском и Дружносельском участковых лесничествах (быв. Сиверском лесхозе) в Гатчинском лесничестве Ленинградской области. Почвы на всех опытных объектах на двучленных отложениях - супесчано-суглинистые на красноцветном валунном суглинке. Первичная густота посадки 6000 шт./га, порядная кулисная схема смешения 3000 шт./га на сосну и 3000 шт./га ель с шириной между рядами 4 м., в ряду 0,5 м.

На объектах применялась система гербицидных обработок от нежелательной травянистой и кустарниковой растительности, кроме ППП6 и ППП14(К), где химический уход не проводился [2, 4].

К возрасту 50 лет в насаждениях изначально с одинаковой долей участия пород в составе древостоя произошла дифференциация по элементам леса приведшая к формированию древостоя с разной долей сосны и ели (табл. 1). Данный факт отразился на всех таксационных характеристиках исследованных насаждений и показал неоднозначный характер формирования запаса от состава насаждения. Вклад доли породы в состав насаждения при равных почвенных условиях произрастания показал, что даже при одинаковой доле участия в составе фитоценоза породы формируется различный запас. Это связано как с проведениями химических уходов за лесом который на определенных этапах развития насаждения активировали круговорот минеральных элементов питания в почве и тем самым способствовали нарастанию запаса насаждения. Показательным фактом служит ПП6, где химический уход не проводился и часть запаса отложилось в лиственном ярусе. Однако, на ППП14(К), которая являлась контрольной секцией без применения гербицидов, запас насаждения хоть и выше относительно других секций, но ниже относительно объекта с применением гербицидов [2, 4].

Таблица 1

Таксационные характеристики смешанных культур сосны и ели по элементам леса в возрасте 50 лет

№ПП	Состав	Порода	N, шт./га	D _{ср} , см	H _{ср} , м	G, м ² /га	M _{эл.леса} , м ³ /га	M _{общ} , м ³ /га
ПП1	6Е4С	С	424	21,7	20,4	15,7	38,3	85,9
		Е	1056	16,8	16,8	23,3	47,6	
ПП2	7Е3С	С	172	23,7	25,9	7,5	21,9	82,7
		Е	1532	14,3	15,9	23,8	60,8	
ПП3	5Е5С	С	256	25,0	20,2	12,6	30,5	64,6
		Е	920	13,4	18,2	12,6	34,2	
ПП4	5Е4С	С	284	24,7	29,1	13,7	49,9	113,9
		Е	728	18,7	23,2	20,2	63,9	
ПП5	9Е1С	С	104	26,7	24,0	5,8	16,0	114,4
		Е	980	20,8	21,7	33,0	98,4	
ПП6	5Е2С2Б1Ос	С	133	29,0	23,6	8,8	26,5	138,7
		Е	893	19,6	19,9	26,4	76,1	
		Б	278	19,6	21,5	8,3	24,6	
		Ос	96	23,1	22,6	4,0	11,5	
ПП14(У)	6С4Е	С	166	26,0	22,8	38,0	104,2	188,0
		Е	183	23,9	20,3	32,8	83,8	
ПП14(К)	5С5Е	С	122	26,5	23,8	27,4	75,0	146,3
		Е	140	26,0	22,0	29,6	71,3	

Примечание: С – сосна (*Pinus sylvestris* L.), Е – ель (*Picea abies* Karst.), Ос – осина (*Populus tremula* L.), Б – береза (*Betula pendula* Roth.); N – количество деревьев, шт./га; D_{ср} – средний диаметр древостоя, см; H_{ср} – средняя высота древостоя, м; G, м²/га – абсолютная полнота древостоя; M_{эл.леса} – запас элемента леса, м³/га; M_{общ} – общий запас древостоя, м³/га.

Средние диаметры и высоты на всех опытных объектах выше у соснового элемента насаждения. Однако, количество сохранившихся деревьев и сумма площадей поперечного сечения (G) ниже чем у елового яруса на всех опытных объектах.

Для определения влияния состава насаждения на таксационные показатели элементов древостоя был проведен ранговый корреляционный анализ по критерию Спирмена (R_s)

[1]. Было выявлено, что наибольшая корреляция наблюдается с плотностью насаждения (табл. 2).

По элементам насаждения наиболее значимые показатели по критерию Спирмена были отмечены для соснового яруса по средней высоте так и по абсолютной полноте. Для ели корреляционные отношения имели слабый или незначимый характер. Вероятно, это связано с меньшей количественной представленностью деревьев сосны, чем ели.

Таблица 2

Ранговый корреляционный анализ связи таксационных характеристик смешанных насаждений сосны и ели с составом древостоя

	N, шт./га	D _{ср} , см		H _{ср} , м		G, м ² /га		M _{общ} , м ³ /га
		С	Е	С	Е	С	Е	
Rs	-0,514	-0,228	0,153	-0,442	0,129	0,867	-0,181	0,212

Для определения сходств и различий влияния состава насаждений сосны и ели на таксационные показатели элементов древостоя был проведен анализ по критерию теста Краскала-Уоллиса [1]. Было выявлено, что поскольку наблюдается различия по критерию $\chi^2 = 7,172 > \chi_c^2 = 3,841$, делается вывод, что нулевая гипотеза о не различии средних диаметров сосны и ели на опытных объектах должна быть отклонена. Использование подхода Р-значения показало, что $p = 0,0074$ и, поскольку $p = 0,0074 < 0,05$, то можно сделать вывод, что и поэтому методу нулевая гипотеза отклоняется. Соответственно, в зависимости от состава древостоя средние диаметры по элементам леса значимо различаются.

Для выявления различий по средней высоте между еловым и сосновым ярусом было выявлено, что поскольку наблюдается различия по критерию $\chi^2 = 6,353 > \chi_c^2 = 3,841$, можно сделать вывод о значимых различиях и что нулевая гипотеза отклонена. Использование подхода Р-значения также подтвердило различия на статистически значимом уровне, так как $p = 0,0117$. Поэтому, поскольку $p = 0,0117 < 0,05$, делается вывод, что нулевая гипотеза отклоняется. Соответственно, в зависимости от состава древостоя средние высоты по элементам леса значимо различаются.

Для показателей абсолютной полноты элементов древостоя и его запаса не были выявлены значимые различия. Соответственно, в зависимости от состава древостоя абсолютная полнота и запас по элементам леса значимо не различаются.

В целом полученные результаты показывают перспективность выращивания смешанных насаждений сосны и ели на почвах, сформированных на двучленных отложениях. К возрасту 50 лет формируемый запас насаждений превышает средние табличные данные для региона исследования и, следовательно, наиболее продуктивные, чем чистые по составу искусственные древостои [5]. Однако, необходимо своевременно формировать состав смешанного насаждения для создания максимального запаса стволовой древесины. Можно рекомендовать при выращивании состав древостоя с преобладанием сосны – 6С4Е или не менее 6-7 единиц ели в составе насаждения.

*Email для переписки: stowm200@mail.ru

Литература

1. Бондаренко, А.С.. Статистическая обработка материалов лесоводственных исследований. / А.С. Бондаренко, А.В. Жигунов. – СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2016. – 125 с.
2. Данилов, Д.А. Запас и плотность древесины 50-летних смешанных плантационных культур сосны и ели / Д.А. Данилов, С.В. Навалихин, А.В. Кузмина / Леса России: политика, промышленность, наука, образование: Материалы II Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 13–15 апреля 2016 года / под. ред. В.М. Гедьо. СПб.: СПбГЛТУ, 2016. – С. 114–116.

3. Неволин, О.А. Продуктивность смешанных сосняков Европейского Севера и организация хозяйства в них / О.А. Неволин, С.В. Третьяков, О.О. Еремина // ИВУЗ. Лесной журнал. – 2004. – № 3. – С. 26–36.
4. Раупова, Д.Э. Таксационная структура и плотность древесины сосны и ели в смешанных искусственных насаждениях Ленинградской области / Д.Э. Раупова, Д.А. Данилов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2022. – Вып. 240. – С. 25–46.
5. Тетюхин, С.В. Лесная таксация и лесоустройство. Нормативно-справочные материалы по Северо-Западу РФ / С.В. Тетюхин, В.Н. Минаев, Л.П. Богомолова. – СПб.: ЛТА, 2004. – 369 с.
6. Шутов, И.В. Лесные плантации (ускоренное выращивание ели и сосны). / И.В. Шутов, Е.Л. Маслаков, И.А. Маркова [и др.]. – М. : Лесн. пром-сть, 1984. – 248 с.

DOI 10.21178/160524.96

УДК 630.232

Древесно-кустарниковые экзоты и перспективы их использования в лесном хозяйстве Европейского Севера России

© Н.А. Демидова, Н.Н. Васильева, Т.М. Дуркина

*ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства»,
ул. Никитова, 13, Архангельск, 163062, Россия*

В статье дано описание древесных растений и результатов изучения видового разнообразия интродуцентов коллекции Дендрологического сада имени В.Н. Нилова ФБУ «СевНИИЛХ» в качестве дополнения к породному составу городских лесов, парков, скверов и других объектов озеленения урбанизированных территорий Европейского Севера Российской Федерации. Определены наиболее перспективные хозяйственно-ценные быстрорастущие породы с коротким оборотом рубки для плантационного выращивания, а также декоративные экзоты для благоустройства и озеленения северных населенных пунктов.

The article provides a description of woody plants and the results of studying the species diversity of introduced species of the collection of the Dendrological Garden under V.N. Nilov's name FBU "SevNIILH" as an addition to the species composition of urban forests, parks, squares and other landscaping facilities in the urbanized territories of the European North of the Russian Federation. The most promising economically valuable fast-growing species with a short cutting rotation period for plantation cultivation, as well as decorative exotics species for improvement and landscaping of northern settlements, have been identified.

Городские леса выполняют очень важные экологические функции и уменьшают негативные последствия урбанизации: способны смягчать последствия изменения климата, сохраняют и увеличивают биоразнообразие, поглощают углерод, снижают уровень шума и загрязнения воздуха, поставляют ряд продуктов и возобновляемых источников энергии, защищают источники воды и предотвращают эрозию почв и наводнения. Леса используются для осуществления рекреационной деятельности, связанной с выполнением работ и оказанием услуг в сфере туризма, физической культуры и спорта, организации отдыха и укрепления здоровья граждан [1]. В связи с этим важное значение приобретает интродукция быстрорастущих хозяйственно-ценных древесных растений, которые широко используются в лесном хозяйстве многих стран мира. Лесные культуры древесных экзотов часто значительно превосходят местные породы по продуктивности, иногда в 1,5-2 раза, даже в северных районах страны. В то же время использование древесно-кустарниковых интродуцентов на территории городских лесов позволяет облагородить городские ландшафты и создать благоприятную для населения окружающую среду. По данным государственного лесного реестра общая площадь городских лесов в России составляет порядка 1,3 млн га [1]. Важно то, что значительная часть городских лесов используется для рекреационного использования населением. В лесопарковой части первостепенное внимание обращают на создание долговечных и высокопродуктивных насаждений, обладающих высокими санитарно-гигиеническими

свойствами, декоративными качествами и устойчивостью в условиях массового посещения отдыхающими. Для этого, помимо облесения не покрытых лесом площадей, создают ландшафтные и защитно-декоративные культуры. При необходимости используют новые древесные породы, ранее не произраставшие на этих территориях, способствующие повышению декоративности будущих насаждений.

Актуальность использования древесно-кустарниковых экзотов в городских лесах Европейского Севера России, где видовой состав древесных пород достаточно ограничен и представлен формациями еловых и сосновых лесов, очевидна. Интродукционные исследования древесных растений проводятся в Дендрологический сад им. В.Н. Нилова ФБУ «СевНИИЛХ», который расположен в северо-таёжном лесном районе европейской части Российской Федерации в окрестностях г. Архангельска. Климат района исследований морской, субарктический, средняя температура воздуха +0,8 °С. Средняя температура января -12,5 °С, июля +15,6 °С. Среднее количество осадков по многолетним данным составляет 675 мм в год (в летние месяцы 203 мм). Средняя продолжительность вегетационного периода – 137 дней [2]. Климатические условия для работ по интродукции и акклиматизации древесных растений способствуют выявлению наиболее приспособленных к суровым северным условиям экзотов, представляющих интерес для лесовыращивания на Европейском Севере России.

Наличие интродуцентов лесопромышленного назначения в производственных посадках на этой территории крайне незначительно и ограничено тремя видами: сосной кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour), лиственницей сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) и сосной скрученной широкохвойной (*Pinus contorta* var. *latifolia* S.Wats). Разведение кедра сибирского на Севере имеет давнюю историю, которая основательно проанализирована как в научной [3], так и в научно-популярной литературе [4]. Результаты интродукции сосны кедровой сибирской, лиственницы и сосны скрученной показали, что эти древесные породы успешно акклиматизировались в условиях Европейского Севера России [5, 6, 7]. Перспективность использования лиственниц сибирской, Сукачева, Гмелина (даурской), Каяндера и Чекановского в лесовосстановлении в Мурманской области отмечали В.Ф. Цветков и И.И. Сизов (1989), Л.Г. Исаева, В.В. Ершов и др. (2023) [8, 9].

Многолетнее изучение адаптационных способностей древесных интродуцентов коллекции дендрологического сада им. В.Н. Нилова позволило выделить перспективные быстрорастущие хозяйственно-ценные породы для использования в лесном хозяйстве Европейского Севера России (16 таксонов). Среди них: *Abies sibirica* Ldb. – пихта сибирская; *Betula pendula* Roth. – береза плакучая, бородавчатая; *Betula pubescens* Ehrh. – береза пушистая; *Betula pendula* Roth. var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti. – береза плакучая карельская; *Larix archangelica* Laws. – лиственница Сукачева, или архангельская; *Larix polonica* Racib. – лиственница польская; *Picea abies* (L.) Karst. – ель европейская; *Picea obovata* Ledeb. – ель сибирская; *Pinus contorta* var. *latifolia* S.Wats – сосна скрученная широкохвойная; *Pinus sibirica* Du Teur. – сосна сибирская кедровая; *Pinus sylvestris* L. – сосна обыкновенная; *Populus balsamifera* L. – тополь бальзамический; *Populus deltoides* Marshall – тополь дельтовидный, или канадский; *Populus trichocarpa* Torr. et Gray. – тополь волосистоплодный; *Populus* × *newesis* Bogd. – тополь невский; *Populus* × *leningradensis* Bogd. – тополь ленинградский.

Одной из наиболее перспективных быстрорастущих пород для ускоренного выращивание древесины в странах с умеренным климатом считается сосна скрученная широкохвойная. Отечественный опыт посадок этой породы показал, что перспективным регионом для ее выращивания является Северо-запад России: Архангельская и Вологодская области [7, 10] Ленинградская и Новгородская области [11, 12], республики Коми [13, 14] и Карелия [15, 16]. Именно здесь она превосходит местные породы как по продуктивности насаждений, так и по качеству получаемой целлюлозы. Начиная с 1979 года экспериментальные плантации сосны скрученной широкохвойной созданы

сотрудниками ФБУ «СевНИИЛХ» в различных регионах Европейского Севера (Архангельская, Вологодская области, Республика Коми) на площади 55 га.

Еще одной перспективной быстрорастущей породой является тополь. Интродукционное испытание тополей из коллекции дендрологического сада им. В.Н. Нилова показало, что для плантационного выращивания с целью получения балансовой древесины на Европейском Севере России наибольший интерес представляет достаточно зимостойкие в условиях Архангельска и характеризующиеся быстрым ростом: тополь волосистоплодный, т. бальзамический, т. канадский и гибриды т. невский, т. ленинградский [17, 18].

Создание насаждений с высокими санитарно-гигиеническими свойствами, декоративными качествами, зимостойкостью и морозоустойчивостью разработан список перспективных декоративных древесно-кустарниковых растений. Это наиболее приспособленные высокодекоративные представители 134 таксонов, которые перспективны для широкого культивирования в северном регионе. Среди них представители родов: *Acer* – клён (5 видов); *Amelanchier* – ирга (7 видов); *Betula* – берёза (6 видов); *Berberis* – барбарис (4 вида); *Caragana* – карагана (2 вида); *Crataegus* – боярышник (5 видов); *Juniperus* – можжевельник (2 вида); *Larix* – лиственница (5 видов); *Lonicera* – жимолость (6 видов); *Pentaphylloides* – курильский чай (3 вида); *Picea* – ель (5 видов); *Pinus* – сосна (6 видов); *Populus alba* L. – тополь белый; *Rosa* – роза (8 видов); *Salix* – ива (11 видов); *Spiraea* – спирея (10 видов и гибридов); *Sorbus* – рябина (3 вида); *Syringa* – сирень (3 вида) и др.

При создании насаждений из древесных интродуцентов следует учитывать их экологическую долговечность, декоративность и функциональное назначение.

При подготовке публикации использовалась база данных «Коллекция древесных растений дендрологического сада имени В.Н. Нилова Федерального бюджетного учреждения «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства» (Свидетельство о государственной регистрации № 2022623108).

*E-mail для переписки: forestry@sevniilh-arh.ru

Литература

1. Рослешхоз: более 70 % лесничеств в городских лесах внесены в ЕГРН. [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://rosleshoz.gov.ru/news/2024-03-14/n10903> (дата обращения 19.03.2024).
2. Демидова, Н.А. Коллекция древесных растений дендрологического сада им. В.Н. Нилова Федерального бюджетного учреждения «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства / Н.А. Демидова, Т.М. Дуркина, Н.Н. Васильева, Л.Г. Гоголева. – М. : Т8 Издательские Технологии, 2023. – 204 с.
3. Орлов, Ф.Б. Культуры кедр сибирского в Архангельской области / Ф.Б. Орлов // Кедр сибирский на европейском Севере СССР. – Л. : Наука, 1972. – С. 59.
4. Ипатов, Л.Ф. Кедр на Севере / Л.Ф. Ипатов. – Архангельск : Арханг. регион. обществ. фонд «Музей леса им. засл. лесовода РФ А.Ф. Заволожина», 2011. – 412 с.
5. Наквасина, Е.Н. Лиственница на Архангельском Севере: биология, изменчивость, сохранение / Е.Н. Наквасина, А.И. Барабин, П.Р. Тихонов, А.А. Елисеев. – Архангельск : АГТУ, 2008. – 216 с.
6. Туркин, А.А. Лиственница в Республике Коми / А.А. Туркин // Материалы совещания «Сохранение лесных генетических ресурсов Сибири». – Красноярск, 2011. – С. 139-140.
7. Демидова, Н.А. Результаты 35-летнего испытания сосны скрученной на Европейском Севере России / Н.А. Демидова, Т.М. Дуркина, Л.Г. Гоголева, Ю.С. Быков, А.А. Парамонов // Известия СПбЛТА. – 2018. – Вып. 225. – С. 90-105.
8. Цветков, В.Ф. Использование интродуцируемых древесных пород при лесовосстановлении на Кольском полуострове / В.Ф. Цветков, И.И. Сизов // Вопросы интродукции

хозяйственно-ценных древесных пород на Европейский Север. – Архангельск : АИЛиЛХ, 1989. – С. 131-143.

9. Исаева, Л.Г. Интродукция кедра и лиственницы в условиях Кольского Заполярья / Л.Г. Исаева, В.В. Ершов, Г.П. Урбанавичюс, Е.А. Боровичев // Изв. вузов. Лесной журнал – 2023. – № 4. – С. 41-57.

10. Demidova, N.A. Lodgepole pine (*Pinus contorta* Loud. var. *latifolia* S. Wats) as fast growing species for plantation cultivation in the European North of Russia / N.A. Demidova, T.M. Durkina, L.G. Gogoleva // **Proceedings of the International Conference** «Scientific research of the SCO countries: synergy and integration». Beijing, China. Infinity publishing, 2022. – P. 179-184.

11. Маркова, И.А. Лесокультурные испытания перспективных пород-интродуцентов на Северо-Западе России / И.А. Маркова, А.В. Жигунов // Известия. СПбЛТА. – 1999. – Вып. 165. – С. 20-28.

12. Алексеев, В.М. Интродукция сосны скрученной в условиях Ленинградской области / В.М. Алексеев, А.В. Жигунов, А.С. Бондаренко, Д.С. Бурцев // Изв. вузов. Лесной журнал. – 2014. – № 3. – С. 24-33.

13. Федорков, А.Л. Экспериментальные культуры сосны скрученной в Республике Коми / А.Л. Федорков, А.А. Туркин // Лесоведение. – 2010. – № 1. – С. 70-74.

14. Демидова, Н.А. Рост сосны скрученной (*Pinus contorta* Loud. var. *latifolia* S. Wats) в Сторожевском лесничестве Республики Коми / Н.А. Демидова, Т.М. Дуркина, Л.Г. Гоголева, Ю.С. Быков, А.А. Парамонов // Лесохозяйственная информация. – 2017. – № 1. – С. 24-33.

15. Раевский, Б.В. Некоторые результаты интродукционных испытаний сосны скрученной в южной Карелии / Б.В. Раевский // Ученые записки Петрозаводского государственного университета, 2009. – № 7 (101). – С. 51-59.

16. Раевский, Б.В. Ход роста смешанных культур сосны скрученной и сосны обыкновенной в южной Карелии / Б.В. Раевский // Известия Коми НЦ Уральского отделения РАН. – 2010. – № 1. – С. 31-38.

17. Демидова, Н.А. Особенности роста и развития тополей в условиях интродукции на Европейском Севере России / Н.А. Демидова, Т.М. Дуркина // Изв. вузов. Лесной журнал. – 2013. – № 5 (335). – С. 78-87.

18. Демидова, Н.А. Ход роста тополей Невского (*Populus* × *newesis* Bogd.) и волосистоплодного (*P. trichocarpa* Torr. et Gray) в условиях Европейского Севера России / Н.А. Демидова, С.В. Ярославцев, Т.М. Дуркина, И.В. Федотов, А.С. Ильинцев // Изв. вузов. Лесной журнал. – 2016. – № 3 (351). – С. 77-86.

DOI 10.21178/160524.100

УДК 632.952

Оценка эффективности протравителей семян ели в сочетании с адаптогенами

© Н.А. Демина^{1*}, Н.Н. Васильева¹, Т.М. Дуркина¹, О.Н. Тюкавина^{1,2}

¹ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства»,
ул. Никитова 13, 163062, г. Архангельск, Россия

²Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова
ул. Наб. Сев. Двины, 17, 163002, г. Архангельск, Россия

В лесных питомниках пренебрежение к процессу обеззараживания семян хвойных пород перед посевом чревато гибелью всходов от полегания. Протравители могут сдерживать процесс прорастания семян и негативно влиять на дальнейший рост всходов. Проведен опыт по изучению влияния фунгицидов и их сочетания с адаптогенами (полусухим способом) на всхожесть семян ели, дальнейший рост всходов, на степень борьбы с полеганием сеянцев. Установлено, что протравители семян с действующим веществом беномил в сочетании с Цирконом и действующее вещество карбендазим без добавок не оказывают негативного влияния на всхожесть и рост растений, но имеют слабо выраженный эффект в борьбе с полеганием.

Neglect of the decontamination process of coniferous seeds before sowing is fraught with the death of seedlings from lodging in forest nurseries. Seed protectants can inhibit the process of seed germination and negatively affect the further growth of seedlings. An experiment has been conducted to study the effect of fungicides and their combination with adaptogens (semi-dry method) on the germination of spruce seeds, further growth of seedlings, and the degree of control over the lodging of seedlings. It was found that seed protectants with the active substance benomyl in combination with Zircon and the active substance carbendazim without additives do not have a negative effect on germination and plant growth, but have a weakly pronounced effect in the fight against lodging.

Анализ существующего положения в питомниках открытого грунта, проведенного в рамках исследований, показал, что одним из факторов, влияющих на конечный результат выращивания сеянцев хвойных пород для целей лесовосстановления, а значит и на выход посадочного материала, является качество семян. Отмечено, что для появления дружных и здоровых всходов необходимо использовать семена высокого класса качества. Проведение предпосевной обработки семян с высокой степенью зараженности, включающей использование препаратов, снижающих развитие патогенной микрофлоры, позволит снизить риск ослабления и гибели молодых растений.

В практике лесных питомников против полегания проводится протравливание семян системными фунгицидами (фундазол, топсин, беномил), что в 2 раза эффективнее контактных (ТМТД, марганцовокислый калий) [1]. Эффективность Фундазола для протравливания семян сосны подтверждается исследованиями [2], однако отмечено, что обработка Фундазолом тормозит прорастание семян сосны на 3-5 дней, а ели – на 6-8 дней [3]. Наименьший отпад от инфекционного полегания и улучшение роста сеянцев отмечается при комплексном применении фунгицида и адаптогенов (гумат натрия,

корневин, циркон, эпин, крезацин) [3, 4]. Рекомендуется проводить протравливание посевного материала пестицидом с увлажнением. Для лучшего распределения протравителя по поверхности семян в период их обработки к фунгициду добавляется небольшое количество воды [5].

Интерес вызывает изучение негативного действия фунгицидов при полусухом протравливании семян на их прорастание и дальнейшее развитие всходов, а также снижение ингибирующего влияния применяемых веществ при добавлении адаптогенов. В связи с этим был организован опыт по изучению влияния комбинации фунгицидов, а также их сочетания с адаптогенами на семена ели и молодые растения.

Опыт осуществлялся в лабораторных условиях, где был проведен высеv семян в торфяной субстрат 18 апреля 2023 года (опыт № 1) и 01 августа 2023 года (опыт № 2). Семена обрабатывались 4-мя разными фунгицидами с действующими веществами: беномил, карбендазим, тиофанат-метил, манкоцеб+мефеноксам, а также в сочетании с адаптогенами. Действующее вещество беномил представлен торговой маркой «Фундазол», карбендазим – «Доктор Кроп», тиофанат-метил – «Топсин-М», манкоцеб+мефеноксам – «Ридомил Голд». Адаптогенами выступили Циркон и Гумат натрия, применяемые для целей увеличения всхожести семян, а также снижения действия неблагоприятных факторов среды в процессе роста молодых растений. Обоснованием для испытания действующего вещества манкоцеб+мефеноксам явилось наличие питиевых грибов в почвах лесных питомников, выявленных нами ранее [6].

При проведении экспериментов использовали беномил – действующее вещество системного фунгицида широкого спектра действия. Беномил эффективен для борьбы с рядом заболеваний растений, в том числе с корневой гнилью [7]. Представляет собой белое кристаллическое вещество, используемое для протравливания семян в целях борьбы с заболеваниями сеянцев.

Карбендазим – действующее вещество фунгицида с широким спектром действия. Обладает защитными и системными свойствами, эффективен как для профилактического воздействия, так и для лечения растений. Препараты с карбендазимом используют при обработке семян, опрыскивании и внесении в почву, обеспечивает эффективное подавление болезней вызываемых грибами *Fusarium* [7]. Характеризуется хорошей прилипаемостью. Карбендазим блокирует деление клеток прорастающих, развивающихся высших грибов.

Тиофанат-метил эффективен против возбудителей ряда заболеваний. Представляет собой порошок белого цвета, слабо растворим в воде. Является системным фунгицидом. В грибах, растениях и других биологических средах вещество превращается в карбендазим. Токсичен для *Trichoderma lignorum*, среднеактивен в отношении *Trichonema roseum*, но не подавляет дрожжевые грибы [8].

Манкоцеб-мефеноксам – действующее вещество фунгицида контактно-системного действия, предназначен для борьбы с фитофторозом, альтернариозом и другими грибковыми заболеваниями [7]. Полное действие препарата гарантируется при профилактическом применении до появления симптомов заболевания.

По прямому назначению препараты на основе **тиофанат-метила**, карбендазима, манкоцеб-мефеноксама в соответствии с «Государственным каталогом пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации» [7] не являются протравителями семян, но имеется информация о возможном применении данных веществ для обработки семенного материала [1, 9, 10].

По действию на организмы все изучаемые препараты относятся ко 2 классу опасности для человека (опасные) и 3 классу для пчел (малоопасные) [7].

Посев осуществлялся в ячейки с вторично используемым субстратом, семена имели высокую степень заражения патогенными микроорганизмами. Семена предварительно замачивали в воде на 13 ч. Сухое вещество добавляли к влажным семенам и в целлофановом пакете, распределяя состав по поверхности семени, далее согласно схеме

эксперимента добавляли раствор Циркона или Гумата натрия из расчета (10 мл на 1 кг семян).

Концентрации применяемых препаратов отражены в таблице 1, общий вид опытных вариантов представлен на рисунке.

Таблица 1

Опытные варианты с используемыми концентрациями растворов при посеве в субстрат

Используемые препараты	Дозировка препаратов (на 1 кг семян)
Беномил	6 г/кг
Беномил+Циркон	6 г/кг+0,2 мл/л (10 мл/кг)
Беномил+Гумат Na	6 г/кг+0,1 мл/л (10 мл/кг)
Карбендазим	1 мл/кг
Карбендазим+Циркон	1 мл/кг +0,2 мл/л (10 мл/кг)
Карбендазим+Гумат Na	1 мл/кг +0,1 мл/л (10 мл/кг)
Тиофанат-метил	6 г/кг
Тиофанат-метил +Циркон	6 г/кг+0,2 мл/л (10 мл/кг)
Тиофанат-метил+Гумат Na	6 г/кг+0,1 мл/л (10 мл/кг)
Манкоцеб+мефеноксам	6 г/кг
Манкоцеб+мефеноксам+Циркон	6 г/кг+0,2 мл/л (10 мл/кг)
Манкоцеб+ Гумат Na	6 г/кг+0,1 мл/л (10 мл/кг)



Рис. Опытные варианты с проросшими семенами ели

Итоговые данные, полученные в результате испытания ряда протравителей с добавлением адаптогенов, представлены в таблице 2.

При проведении опыта № 1 отмечено массовое появление всходов через месяц после посева. При анализе результатов исследований значительного негативного влияния вещества карбендазим на энергию прорастания и всхожесть семян не наблюдалось. Беномил снижает всхожесть семян на 4,1 %. При использовании смеси беномила в сочетании с Цирконом отмечена тенденция к увеличению всхожести семян ели. Установлено небольшое снижение процента полегания всходов во всех вариантах, где применялся карбендазим. Вещество беномил не оказало негативного воздействия на патогенные организмы, повысив долю зараженных сеянцев на 15,4%. Варианты применения фунгицидов (беномила, карбендазима) в сочетании с Цирконом снизили на 10 % количество сеянцев с полеганием. В «Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации» отмечено свойство препарата Циркон к повышению устойчивости некоторых сельскохозяйственных и плодово-ягодных растений к болезням и повышению иммунитета

при неблагоприятных факторах среды [7]. Негативное влияние на высоту всходов обнаружено у беномила (снижение на 5,3 мм). Наблюдаемые различия между опытным вариантом (17,6 мм) и контролем (22,9 мм) статистически значимы (уровень значимости $p < 0,05$). В остальных случаях значимого различия между контролем и опытными вариантами по высоте всходов не установлено. При проведении данного опыта получены результаты о положительной тенденции влияния беномила в сочетании с Цирконом.

Таблица 2

Действие протравителей, в том числе с адаптогенами на семена ели
(по отношению к контролю)

Вариант опыта	Энергия прорастания семян, %	Всхожесть семян, %	% полегания	Биометрические показатели всходов ели по высоте, мм
Опыт № 1				
Беномил	-6,2	-4,1	+15,4	-5,3
Беномил + Циркон	+0,7	+2,8	-11,4	-1,3
Беномил + Гумат Na	-8,9	-2,0	+8,8	-3,3
Карбендазим	-0,6	-2,0	-3,7	+0,9
Карбендазим + Циркон	-14,4	-11,0	-9,7	-2,4
Карбендазим + Гумат Na	-2,0	+1,4	-6,0	-1,4
Опыт № 2				
Тиофанат-метил	-26,9	-28,9	+5,4	+2,7
Тиофанат-метил + Циркон	-29,7	-31,7	+21,1	+2,7
Тиофанат-метил+Гумат Na	-24,9	-27,6	-8,9	+0,9
Манкоцеб+мефеноксам	-20,0	-21,4	-4,9	+0,7
Манкоцеб+мефеноксам + Циркон	-24,2	-29,6	+29,6	-1,2
Манкоцеб+мефеноксам + Гумат Na	-24,9	-26,9	+14,6	+3,4

При проведении опыта № 2 массовые всходы отмечены на 3-й неделе после высева. Все применяемые для обработки семян препараты оказали значительное негативное влияние на энергию прорастания и всхожесть. По количеству всходов, подвергшихся полеганию, лучший результат показало вещество манкоцеб+мефеноксам в чистом виде. Высокий процент полегания при испытании действующего вещества манкоцеб+мефеноксам в сочетании с адаптогенами объясняется тем, что смесь веществ вызывает значительную задержку в прорастании семян, что, в свою очередь, вызывает загнивание зародыша в почве. Негативного влияния на ростовые процессы всходов протравители не оказали. В данном опыте Циркон и Гумат натрия не смогли снизить негативное влияние протравителей на всхожесть семян.

Выводы

Негативное влияние на всхожесть семян после обработки протравителями полусухим способом наблюдается у веществ беномил (снижение показателя на 4,1 %), тиофанат-метил, манкоцеб+мефеноксам (снижение показателя более чем на 20 %). В том числе отмечается снижение интенсивности роста у всходов при обработке семян беномилом в среднем на 5 мм. Протравитель семян карбендазим по всхожести семян находится на уровне контроля.

При использовании препаратов беномил, тиофанат-метил в чистом виде обеззараживающего эффекта на семенах не наблюдалось, так как увеличился процент

всходов с полеганием на 5-15 %. Однако обеззараживающие свойства в разной степени отмечены у препаратов карбендазим и манкоцеб+мефеноксам. Циркон при добавлении к протравителям беномил и карбендазим повышает устойчивость молодых растений к патогенным организмам, но не в случае долговременного прорастания семян при добавлении к тиофанат-метилу и манкоцеб+мефеноксаму.

Добавление стимуляторов, способствующих повышению всхожести семян и усилению роста всходов, не снизило негативного влияния препаратов за исключением вещества беномил. В данном случае добавление Циркона способствовало снижению негативного влияния протравителя, повысив показатель всхожести и высоты проростка до уровня контроля. Но, при проведении исследования отмечено сомнительное качество беномила торговой марки Фундазол, либо отсутствия эффекта от подобранного способа обработки семян (полусухое протравливание семян).

Таким образом, на основании результатов проведенного опыта (протравливание полусухим способом, в определенных дозах) установлено, что применение в качестве протравителей семян ели Фундазола (беномил) в сочетании с Цирконом или Доктор Кропа (карбендазим) – не будет достигнут ожидаемый эффект в борьбе с полеганием всходов. Действующие вещества тиофанат-метил и манкоцеб+мефеноксам не рекомендуются к применению из-за резко негативного влияния на всхожесть семян. Поэтому, данную работу по подбору эффективных протравителей необходимо продолжить, в том числе используя способ подготовки – замачивание семян.

Снижение негативного влияния вещества при обработке семян хвойных пород на их всхожесть и ростовые процессы, а также подбор препаратов с высокими обеззараживающими свойствами являются важной задачей в практике выращивания посадочного материала для лесовосстановительных работ.

Работа проведена по результатам исследований, выполненных в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований. Регистрационный номер темы: 122020100292-5.

*E-mail автора для переписки: monitoringlesov@sevniilh-arh.ru

Литература

1. Справочник по защите леса от вредителей и болезней / Г.А. Тимченко, И.Д. Авраменко, Н.М. Завада и др. – Киев : Урожай. – 1988. – 224 с. – ISBN 5-337-00163-9.
2. Камилова, Ш.Г. Защита сеянцев хвойных культур от корневой гнили / Ш.Г. Камилова, Н.К. Сиддикова // Life Sciences and Agriculture 2.1. – 2020. – С. 120-125.
3. Панина, Н.Б. Применение комплекса средств защиты растений для профилактики грибных болезней посадочного материала хвойных пород в лесных питомниках / Н.Б. Панина, Г.И. Иванюшева // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2005. – № 10. – С. 119-121.
4. Рябинков, В.А. Способы повышения экологической безопасности защиты растений от болезней в лесных питомниках: автореф. дис. ... канд. биол. наук / В.А. Рябинков. – Москва, 2006. – 28 с.
5. Рекомендации по профилактике наиболее распространенных болезней и защите посадочного материала в лесных питомниках. / Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь, Институт леса НАН Беларуси, Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Белорусский государственный технологический университет. – Минск, 2017. – 38 с.
6. Демина, Н.А. Выявление питиевых грибов в почвах лесных таежных питомников открытого грунта / Н.А. Демина, О.Н. Тюкавина // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2023. – № 3(72). – С. 72-78. – DOI 10.34655/bgsha.2023.72.3.008.
7. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации на 05.09.2023 г. – URL: <https://msh.krasnodar.ru/activity/napravleniya-deyatelnosti/rastnievodstvo/gosudarstvennyy-katalog->

pestitsidov-i-agrokhimikatov-razreshennykh-k-primeneniyu-na-territorii-rossi/302572 (дата обращения 14.03.2024)

8. Справочник по защите растений. Тиофанат-метил. – URL: https://www.agroxxi.ru/goshandbook/wiki/active_substance/thiophanate-methyl.html (дата обращения 19.03.2024)

9. Справочник по защите растений. Карбендазим. – URL: https://www.agroxxi.ru/goshandbook/wiki/active_substance/carbendazim.html (дата обращения 19.03.2024)

10. Справочник по защите растений. Мефеноксам. – URL: https://www.agroxxi.ru/goshandbook/wiki/active_substance/mefenoxam.html (дата обращения 19.03.2024)

DOI 10.21178/160524.106

УДК 574*42

Методические подходы по экологическому мониторингу лесных участков с выполненными мерами по сохранению ключевых биотопов

© Ф.Н. Дружинин, В.В. Аверина*

*ФГБОУ ВО Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина,
Вологда, Вологодская область, Россия (160555, с. Молочное, ул. Шмидта, 2)*

В рамках данной работы представлена методика лесоводственно-экологической оценки сохранности и устойчивости ключевых биотопов на лесных участках до и после хозяйственного воздействия. С помощью предложенного авторского методического подхода возможно обобщить и систематизировать многолетние мониторинговые наблюдения, комплексно и объективно оценить эффективность выполняемых мер по выделению и сохранению ключевых биотопов, разработать аргументированные оценочные критерии для предприятий лесопромышленного комплекса при реализации хозяйственной деятельности на арендованных лесных участках.

Within the framework of this work, a methodology for forestry and environmental assessment of the safety and stability of key biotopes in forest areas before and after economic impact is presented. With the help of the proposed author's methodological approach, it is possible to generalize and systematize long-term monitoring observations, comprehensively and objectively assess the effectiveness of measures taken to isolate and preserve key biotopes, and develop reasoned evaluation criteria for enterprises of the timber industry when implementing economic activities on leased forest plots.

Рациональное использование и управление лесными ресурсами нельзя рассматривать без экологической составляющей, где важная роль отведена сохранению биологического разнообразия лесных экосистем. При этом важно отметить, что все предпринимаемые меры (исключение из хозяйственного оборота ценных лесных ландшафтов и экосистем) должны быть реализованы и на лесных участках, вовлекаемых в промышленную деятельность. В России законодательная [1, 2, 3] и нормативно-правовая база [4, 5, 6, 7] для сохранения ключевых биотопов и местообитаний редких и исчезающих видов учитывает и регламентирует, в виде отдельных положений перечень мер и действий, которые направлены на сбережение и поддержание биологического разнообразия лесных участков, вовлекаемых в ресурсное их использование.

Лесным экосистемам свойственен наиболее высокий уровень биологического разнообразия. Это связано с многокомпонентностью лесных сообществ, сложными структурными связями по взаимовлиянию и взаимодействию, обусловленные экологическими факторами (абиотическими, орографическими эдафическими и другими). Выявление и выполнение мер по сохранению (ключевых биотопов) является доминирующим способом в рамках хозяйственной деятельности лесозаготовительных предприятий на арендованных лесных участках, снижающих антропогенный прессинг на ценные лесные сообщества. Это незначительные по площади лесные участки (отдельные элементы), которые характеризуются высоким биологическим разнообразием, чем остальная часть лесотаксационного выдела.

За этот период предложены и проходят апробацию различные подходы, способы и приемы по выделению и сохранению биологического разнообразия в рамках освоения лесных участков, в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами при использовании многооперационных машин и различных технологических схем разработки лесосек. Комплексная оценка и эффективность этих мер пока не выполнялась. В связи с этим, цель нашего исследования – разработать авторский методический подход по лесоводственно-экологической оценке реализуемых мер, направленных на сохранение биологического разнообразия при использовании лесов.

Для достижения поставленной цели нами предложены программные вопросы, которые включают 4 последовательно выполняемых этапа:

1. Подготовительный этап:

- историческое изучение вопроса лесопользования для рассматриваемых территорий;
- установление объективных (верифицируемых) региональных научно обоснованных критериев по сохранению ценных лесных участков на локальном уровне. (ключевые биотопы и элементы биологического разнообразия).

2. Камеральный этап:

- камеральная проверка проработка реестра лесотаксационных выделов для оценки мер по сохранению ценных лесных участков на локальном уровне;
- планирование полевых изысканий.

3. Полевой этап:

- оценка лесорастительных условий;
- оценка возобновительных процессов;
- оценка биологического разнообразия флоры и фауны.
- оценка влияния хозяйственного воздействия на биологическое разнообразие при производстве лесосечных работ.

4. Аналитический этап: обработка данных, обобщение и систематизация результатов исследования, формулирование выводов и заключительных положений.

Для организации и выполнения полевого исследования прорабатывалась законодательная и нормативно-правовая база. В ходе авторского поиска, изучались сведения государственного лесного реестра (таксационные и картографические материалы), техническая документация (ведомости перечёта, абриса, лесные декларации, технологические схемы разработки лесосек). На все объекты исследования вычерчивались схематические чертежи.

Динамические полевые наблюдения выполнялись с первичной оценкой лесных участков, а далее посредством обустройства постоянных пунктов (пробных площадей) и маршрутных ходов в наиболее представленных, как на лесосеке, так и на смежных, незатронутых рубкой, лесотаксационных выделах. Индикаторами оценки устойчивости исследуемых лесных экосистем являлись:

- акт ОВОС;
- акт осмотра мест рубок;
- лесоводственно-таксационный паспорт насаждения.

Обустройство постоянных пунктов мониторинговых наблюдений производилось с рекомендациями В.Н. Сукачева и С.В. Зонна [8]. Для репрезентативности, лесной участок, с выполненными мерами по сохранению биологического разнообразия, ограничивался визирами с трех сторон, а четвертая закрывалась после набор в перечетную часть необходимого количества деревьев.

При лесоводственно-экологической оценке учитывалось состояние и устойчивость насаждений. Жизненное состояние древесных растений оценивалось, с учетом Постановления Правительства РФ от 09.12.2020 г. № 2047, по внешним морфометрическим диагностическим признакам. При этом, устанавливались признаки (виды) и причины повреждений. Измерительные работы производились подеревно,

данные группировались по диаметрам, а с учетом жизненного состояния – по классам (табл. 1).

Таблица 1

Форма для ведения полевых записей

Ступень толщины, см	Класс повреждения					
	0	1	2	3	4	5
8						
12						
16						
20						
и т. д.						

Примечание. Класс (балл) повреждения: 0 – здоровые, 1 – поврежденные, 2 – сильно ослабленные, 3 – гибнущие, 4 – свежий сухостой, 5 – старый сухостой

Лесотаксационные измерения выполнялись по каждой древесной породе. Определялись и устанавливались виды повреждений, категории жизненного (табл. 2) и санитарного состояний. Фиксация утративших жизнеспособность растений (ветровал, ветролом, бурелом, сухостой и т. д.) выполнялась отдельно. Средняя высота определялась графическим способом, на основании отбора учетных растений (для главной древесной породы – 20-25 экз., для второстепенных и сопутствующих – 3-5 экз.).

Таблица 2

Критерии по установлению жизненного состояния древостоев

Категория состояния древостоев	Значение индекса повреждения	
	Балтийско-Белозерский таежный и южно-таежный районы	Северо- таежный район
Неповрежденные	менее 0,50	менее 0,65
Слабо поврежденные	0,51-1,50	0,65-1,65
Средне (умеренно) поврежденные	1,51-2,50	1,66-2,65
Сильно поврежденные (гибнущие)	2,51-3,50	2,66-3,65
Погибшие	более 3,51	более 3,66

Ботанический состав травянистых и мохово-лишайниковых растений определялся согласно методики Е.Н. Наквасиной. Оценка выполнялась отдельно по травяно-кустарничковому и мохово-лишайниковому ярусам. При этом определялось общее проективное покрытие, обилие каждого вида (табл. 3) и их фенологическое состояние.

Таблица 3

Оценка обилия растений в живом напочвенном покрове (шкала Друде)

Наименование ступени обилия	Среднее расстояние между особями, м	Характеристика обилия и проективного покрытия
Soc	сплошной покров	растения смыкаются надземными частями
Cop ³	не более 0,2	растения очень обильны
Cop ²	0,2-0,4	растения обильны
Cop ¹	0,40-1,0	растения довольно обильны
Sp	1,0-1,5	растения встречаются в небольшом количестве

Sol	более 1,5	растения встречаются редко
Un	единично	одно растение на пробной площади

Тип леса определялся на основе методических положений, разработанных В.Н. Сукачевым, по коренной древесной породе и преобладающему виду в напочвенном покрове [8]. На типичных, ровных участках, вблизи деревьев главной древесной породы, закладывались почвенные разрезы, согласно ОСТ 56-81-84 [9]. Морфологическое описание выполнялось по генетическим горизонтам.

Для определения количественной и качественной структуры подроста и подлесочных древесных и кустарниковых пород выполнялась закладка круговых площадок постоянного радиуса (10-15 штук на каждом пункте постоянных мониторинговых наблюдений). Учётные работы производились по видовому составу, жизненному состоянию и высотным грациям (мелкий, средний, крупный) [7].

Среди дикоросов (ягоды и грибы) учитывались и оценивались виды, разрешенные к заготовке [10]. Дикоросы, с каждого пункта постоянных мониторинговых наблюдений, собирались отдельно. В полевых условиях выполнялись взвешивания (весы электронные неавтоматического действия Scout серии SPX 622) с точностью до 0,01 г. Полученные данные отображались в полевых ведомостях (табл. 4 и 5), а далее обрабатывались и систематизировались в камеральных условиях.

Таблица 4

Морфологические показатели и урожайность дикорастущих ягод

Количество, шт	Видовое название	Размер, мм		Общий вес, г	Средняя масса ягоды, г	Урожайность, кг/га
		min	max			

После сбора плодовых тел (грибов) выполнялись измерения диаметра шляпки, высоты ножки, определялось наличие червивости, фиксировались повреждения (надкусы, надломы, трещины). Для измерения метрических параметров применялся цифровой штангенциркуль (0-150 0,1 с глуб. Vogel.) с точностью до 0,1 мм.

Таблица 5

Морфологические показатели и урожайность макромицетов

Видовое название	Морфометрические показатели	Учетные грибы											Урожайность, кг/га	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Среднее		
	Длина ножки, см													
	Диаметр шляпки, см													
	Вес, г													
	Длина ножки, см													
	Диаметр шляпки,													

	см												
	Вес, г												

Для оценки фауны применялись эколого-фаунистические методы наблюдений. Для установления видового разнообразия выявлялись признаки и следы жизнедеятельности животных и птиц, уточнялся статус пребывания и определялась относительная их численность [11, 12]. Учетные работы проводились по общепризнанным методикам.

Камеральная обработка данных, полученных в ходе мониторинговых наблюдений, базировались на общепризнанных методах, применяемых в лесоведении и таксации. По каждому пункту мониторинговых наблюдений составлялся лесоводственно-таксационных паспорт ключевого биотопа.

Для оценки, анализа и интерпретации полученных результатов дополнительно определялись:

1) Индекс Жаккара (индекс общности – I_{Ja}):

$$I_{Ja} = \frac{c}{a+b+c}, \quad (1)$$

где c – число видов, общих для двух исследуемых участков a и b ;
 a – число видов в сообществе a ;
 b – число видов в сообществе b .

2) Индекс Сёренена (видового сходства – I_{Cs}):

$$I_{Cs} = \frac{2c}{a+b}, \quad (2)$$

где a – число видов, общих для сообщества b и c ;
 b – число видов, принадлежащих только сообществу b ;
 c – число видов, принадлежащих только сообществу c .

3) Индекс Макинтоша (мера разнообразия – U):

$$U = \sqrt{\sum N_i^2}, \quad (3)$$

где N_i^2 – численность особей в i -м виде.

4) Мера разнообразия или доминирования (D):

$$D = \frac{n-U}{n-\sqrt{n}}, \quad (4)$$

где n – общее число особей.

5) Индекс Менхиника (видового богатства – D_{Mn}):

$$D_{Mn} = \frac{s}{\sqrt{n}}, \quad (5)$$

где s – число видов;
 n – число особей на одной территории.

Статистическая обработка данных заключалась в определении: среднего значения с основной ошибкой ($M \pm m$), коэффициента изменчивости (C), точности опыта ($P_{\text{опыта}}$), достоверности среднего значения (t).

Благодаря предложенному подходу к лесоводственно-экологической оценке мер по сохранению биологического разнообразия на лесных участках в арендных базах лесозаготовительных предприятий можно обобщить и систематизировать имеющиеся данные многолетних мониторинговых наблюдений, выполнить объективную оценку по эффективности мер, направленных на сохранение ценных лесных экосистем, а также разработать аргументированные оценочные критерии.

Первичные результаты, по лесоводственно-экологической оценке, обоснованности выделения и сохранения ключевых биотопов, полученные в ходе мониторинговых наблюдений, подтвердили объективность и достоверность разработанных методических положений к проведению исследования.

*E-mail автора для переписки: ershova.vladislava@yandex.ru

Литература

1. О животном мире : Федеральный закон от 24 апреля 1995 г. № 52-ФЗ (ред. от 13.06.2023) // КонсультантПлюс : офиц. сайт / Компания «КонсультантПлюс». – Электрон. справ. правовая система. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_6542/ (дата обращения: 09.02.2024)

2. Об охране окружающей среды : Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ (с изменениями на 25 декабря 2023 года) // КонсультантПлюс: офиц. сайт / Компания «КонсультантПлюс». – Электрон. справ. правовая система. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения: 09.02.2024)

3. Лесной кодекс РФ : Федеральный закон от 04 декабря 2006 № 200-ФЗ: измен. и доп. 29.12.2022: (принят ГД ФС РФ 08.11.2006) // КонсультантПлюс: офиц. сайт / Компания «КонсультантПлюс». – Электрон. справ. правовая система. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299 (дата обращения: 09.02.2024)

4. Об утверждении Правил заготовки древесины и особенностей заготовки древесины в лесничествах, указанных в статье 23 Лесного кодекса Российской Федерации: Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 01.12.2020 г. № 993: зарегистрирован в Минюсте России 18.12.2020 № 61553. [Электронный ресурс]. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012180025> (дата обращения 09.02.2024).

5. Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах : Постановление Правительства Российской Федерации от 09.12.2020 г. № 2047 // [Электронный ресурс]. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012110016> (дата обращения 09.02.2024).

6. Марковский, А.В. Методические рекомендации по сохранению биологического разнообразия при заготовке древесины в Вологодской области / А.В. Марковский, О.В. Ильина. – М. : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2014. – 52 с.

7. Сукачев, В.Н. Методические указания к изучению типов леса / В.Н. Сукачев., С.В. Зонн / под ред. В.Н. Сукачева – М. : Изд-во АН СССР, 1961. – 141 с.

8. ОСТ 56-81-84. Полевые исследования почвы. Порядок и способы проведения работ, основные требования к результатам. – М. : ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1985. – 14 с.

9. Об утверждении Правил лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесовосстановления: Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 29.12.2021 № 1024: зарегистрирован 11.02.2022 № 67240. [Электронный ресурс]. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202202110024/> (дата обращения 09.02.2024).

10. Об утверждении правил заготовки пищевых лесных ресурсов и сбора лекарственных растений: Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 28.07.2020 г. № 494: зарегистрирован 14.12.2020 № 61428. [Электронный ресурс]. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012140052> (дата обращения 09.02.2024).

11. Дружинин, Ф.Н. Методология исследования лесных экосистем : методические пособия /

Ф.Н. Дружинин, Е.Н. Пилипко. – Вологда – Молочное: ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, 2018. – 132 с.

12. Покровская, И.В. Учёты лесных зверей и птиц / И.В. Покровская, А.К. Благовидов, А.О. Верещагин. – Тобольск, 2020. – серия «Библиотека ФХД». – 72 с.

DOI 10.21178/160524.113

УДК 630: 632*51: 632*954

Эффективный метод ухода за березой на сплошных вырубках и в культурах

© А.Б. Егоров*, А.А. Бубнов, А.М. Постников, Л.Н. Павлюченкова

*ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства»,
Институтский пр., 21, Санкт-Петербург, 194021, Россия*

Целью исследований являлась разработка метода ухода за естественными молодняками и культурами березы (осветление, агротехнический уход) с применением современных селективных гербицидов на землях лесного фонда. В результате полевых и производственных опытов установлена высокая эффективность действия гербицида магнум (100 и 200 г/га) на двудольные виды травянистой растительности и лиственные породы – иву, осину, ольху серую и рябину обыкновенную, а также высокая устойчивость к нему березы при сплошном опрыскивании в период вегетации. Установлено, что после однократного применения гербицида магнум в нормах 100 и 200 г/га в смешанных молодняках с доминированием осины, ивы и ольхи серой и участием березы в 1-2 единицы состава формируются древостои с преобладанием последней.

The purpose of the research was to develop a method for caring for natural young birch trees (cleaning, agrotechnical care) using modern selective herbicides on forest lands. As a result of field and production experiments, the high efficiency of the action of the magnum herbicide (100 and 200 g/ha) on dicotyledonous species of herbaceous vegetation and deciduous species - willow, aspen, gray alder and mountain ash, as well as the high resistance of birch to it when continuously sprayed in growing season. It has been established that after a single application of the magnum herbicide at rates of 100 and 200 g/ha in mixed young forests with the dominance of aspen, willow and gray alder and the participation of birch in 1-2 units of composition, forest stands with a predominance of the latter are formed.

Береза является одной из основных лесобразующих и целевых древесных пород, имеющей ценную древесину и высокую потребность в ней. В лесном хозяйстве европейской части России берёза представлена двумя основными видами – береза повислая или бородавчатая (*Betula pendula* Roth) и берёза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.), а также различными переходными между ними формами, появившимися в результате естественной гибридизации [1]. По причине жесткой конкуренции как со стороны травяного покрова, так и ряда нежелательных лиственных пород, в производительных лесорастительных условиях без проведения качественных уходов формирования хозяйственно ценных березняков, как правило, не происходит [2]. Механические способы уходов имеют короткий период защитного действия и, кроме того, они трудозатратны. Наиболее эффективен и производителен химический метод ухода. Для уходов за хвойными породами (сосна, ель и другие) уже разработаны практические рекомендации по применению гербицидов. Для березы такие рекомендации в настоящее время отсутствуют. В связи с этим актуально изучение возможности применения избирательных (селективных) современных гербицидов, способных эффективно устранять

нежелательную растительность на вырубках, и к которым береза будет достаточно устойчива, в результате чего должны сформироваться насаждения с ее доминированием.

Полевые экспериментальные исследования проводились в Гатчинском районе Ленинградской области в 2020-2023 гг. Объектами являлись молодняки естественного происхождения с различным участием березы, образовавшиеся после сплошных рубок спелых древостоев. Закладка опытов осуществлялась по методике регистрационных испытаний гербицидов [3]. Сплошное опрыскивание проводили в период вегетации с использованием ранцевого ручного опрыскивателя «Соло» с расходом рабочей жидкости 300 л/га или ранцевого моторного опрыскивателя «Штиль» с расходом рабочей жидкости 100-120 л/га. Применялись гербициды, зарегистрированные для применения в Российской Федерации: магнум (600 г/кг метсульфурон-метила) и анкор-85 (750 г/кг сульфометурон-метила в виде калиевой соли) в форме водно-диспергируемых гранул (ВДГ) [4]. Биологическую эффективность действия гербицидов на травянистую растительность определяли проективно-количественным методом по снижению (в процентах) проективного покрытия почвы травянистыми растениями по отношению к контролю (без обработки), для чего закладывали временные учетные площадки. Эффективность действия на нежелательные листовые древесные породы в первый год после обработки оценивалась по отмиранию листьев, на второй год – по отмиранию стволов (в процентах от их общего количества).

Из двудольных травянистых видов преобладали вероника лекарственная, иван-чай узколистный, таволга вязолистная, бодяк разнолистный, сныть обыкновенная, купырь лесной, ландыш майский, лапчатка прямостоячая (калган). Из однодольных – вейник тростниковый (лесной), вейник наземный, луговик извилистый, щучка дернистая, ситник (виды) и осока (виды). Из древесных растений, кроме березы (виды), присутствовали осина (*Populus tremula* L.), ива (виды) (*Salix* spp.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.) и ольха серая (*Alnus incana* (L.) Moench). Нормы применения гербицидов, даты обработок и учетов приведены в таблицах 1-3.

Магнум показал высокую эффективность действия на все нежелательные листовые древесно-кустарниковые породы – виды ивы, осину, ольху серую и рябину обыкновенную (до 100 %). Береза проявила высокую устойчивость к этому гербициду. В первом опыте, где береза была представлена 1-2-хлетними сеянцами, наблюдались лишь незначительные и кратковременные повреждения листьев (табл. 1). Во втором опыте растения березы (4-х-летние сеянцы) не были повреждены (табл. 2). В конце вегетационного сезона в год обработки отмерло 100 % листьев у нежелательных листовых древесных пород, что на следующий год обусловило отмирание 100 % деревьев. Восстановления от корневых систем не зафиксировано.

Также установлено эффективное и длительное действие гербицида магнум в нормах 100 и 200 г/га на широкий спектр многолетних двудольных (широколистных) нежелательных травянистых видов, типичных для вырубок и молодняков таежной зоны (при опрыскивании в период вегетации), что создает хорошие условия для появления и роста всходов березы. Эффективность подавления двудольных растений составляла 80-90 % в год обработки и не менее 70 % в конце вегетационного сезона следующего года. Препарат вызывал кратковременное ингибирование роста однодольных травянистых видов, которые в дальнейшем разрастались с разной интенсивностью.

По арборицидной активности анкор-85 значительно уступал препарату магнум. Он вызывал неполное отмирание листьев в год обработки, а на следующий год наблюдалось восстановление значительной части деревьев нежелательных древесно-кустарниковых пород (табл. 1, 2). Анкор-85 также повреждал березу, что приводило к отмиранию части растений. Полученные результаты свидетельствуют о неперспективности использования гербицида анкор-85 при уходах за березой (агротехнические уходы и осветления) из-за

недостаточной селективности препарата и его недостаточной эффективности в подавлении нежелательных древесно-кустарниковых пород.

Таблица 1

Действие гербицидов на березу и нежелательную древесно-кустарниковую растительность в смешанном молодняке (тип лесорастительных условий черничный; обработка 17 июня 2022 г.)

Вариант опыта	Дата учёта	Доля отмерших листьев (деревьев), %			
		Береза (виды)	Ива (виды)	Осина	Ольха серая
Магнум, 100 г/га	16.07.2022	6	75	48	45
	07.09.2022	0	100	100	100
	12.08.2023	0	100	100	100
Магнум, 200 г/га	16.07.2022	7	88	75	71
	07.09.2022	0	100	100	100
	12.08.2023	0	100	100	100
Анкор-85, 100 г/га	16.07.2022	39	49	41	35
	07.09.2022	64	59	51	45
	12.08.2023	45	32	28	35

Примечание. Опыт проводился на сплошной вырубке 2-летней давности, в средней степени заросшей травянистой и древесно-кустарниковой растительностью.

Таблица 2

Действие гербицидов на березу и нежелательную древесно-кустарниковую растительность в смешанном молодняке (тип лесорастительных условий кисличный; обработка 17 июня 2022 г.)

Вариант опыта	Дата учёта	Доля отмерших листьев (деревьев), %			
		Береза (виды)	Ива (виды)	Осина	Рябина обыкновенная
1. Магнум, 100 г/га	16.07.2022	0	82	94	98
	07.09.2022	0	100	100	100
	12.08.2023	0	100	100	100
2. Магнум, 200 г/га	16.07.2022	9	93	96	99
	07.09.2022	0	100	100	100
	12.08.2023	0	100	100	100
3. Анкор-85, 100 г/га	16.07.2022	26	25	22	75
	07.09.2022	57	55	48	94
	12.08.2023	40	33	30	75

Примечание. Опыт проводился на сплошной вырубке 4-летней давности, в сильной степени заросшей нежелательной травянистой и древесно-кустарниковой растительностью.

Изменение состава древостоя после обработки гербицидом магнум было изучено в двух полевых опытах. В конце вегетационного сезона 2022 г. в двух опытах в вариантах с гербицидом магнум (100 и 200 г/га) и в контрольных вариантах были проведены учёт густоты (количества) и высоты растений всех имевшихся древесных пород (табл. 3). Было установлено, что в результате химического ухода сформировались древостои с преобладанием березы – 8,6-10 единиц состава. В контрольных вариантах ее доля в составе по количеству деревьев составляла всего 2,2 и 1,5 единицы (22 и 15 % соответственно). Береза в отсутствие конкуренции резко увеличила прирост в высоту по сравнению с контролем. Средняя высота её после химического ухода превышала этот показатель в контроле на 50-81 %. Особенно важно, что после проведённого химического

ухода сохранившие жизнеспособность отдельные деревья осины и ольхи серой по высоте значительно уступали березе.

Таблица 3

Изменение состава древостоя и средней высоты древесных пород после обработки селективным гербицидом магнум в полевых опытах (учет 15 сентября 2022 г.)

Вариант опыта	Состав древостоя	Средняя высота древесной породы, м				
		Береза (виды)	Осина	Ива (виды)	Ольха серая	Рябина обыкновенн.
Обработка 1 июля 2021 г. ¹						
1. Магнум, 100 г/га	9,3Б0,7Ос	2,5	1,4	-	-	-
2. Магнум, 200 г/га	10Б	2,4	-	-	-	-
3. Контроль	4,4Ос2,6Ив2,2Б0,8РБ	1,6	2,2	1,7	-	1,6
Обработка 29 июня 2020 г. ²						
1. Магнум, 100 г/га	8,6Б1,4Ол	2,9	-	-	1,5	-
2. Магнум, 200 г/га	8,8Б1,2Ол	2,7	-	-	1,6	-
3. Контроль	4,6Ив2,3Ос1,5Б1,1Ол0,5РБ	1,6	2,8	2,4	2,9	1,5

Примечания. 1) Обработка 1 июля 2021 г. – опыт на сплошной вырубке 4-летней давности, в сильной степени заросшей травянистой и древесно-кустарниковой растительностью; тип лесорастительных условий кисличный; 2) Обработка 29 июня 2020 г. – опыт на сплошной вырубке 3-летней давности, в сильной степени заросшей травянистой и древесно-кустарниковой растительностью; тип лесорастительных условий черничный.

Стоимость гербицида магнум (в ценах 2023 г.) на обработку 1 га общей площади при проведении агротехнического ухода (опрыскивание 38 % общей площади) составляет при норме 100 г/га всего 570 рублей, при норме 200 г/га – 1140 рублей, а при осветлении (обработка 100 % общей площади) затраты составляют 1500 и 3000 рублей соответственно в зависимости от нормы применения. Использование препарата магнум обеспечивает снижение трудозатрат в 4-8 раз по сравнению с традиционными (базовыми) технологиями ухода. Затраты на заработную плату при этом снижаются в 3-6 раз. Таким образом, применение химического метода при проведении ухода за культурами и естественными молодняками березы обладает несомненными преимуществами по сравнению с традиционными методами устранения нежелательной растительности по показателям трудовых и денежных затрат.

Таким образом, решение поставленной задачи – эффективное подавление нежелательной растительности на вырубках с целью формирования березовых насаждений, можно осуществить за счет однократного применения гербицида магнум в нормах 100-200 г/га на сплошных вырубках для подавления нежелательной древесно-кустарниковой и травянистой растительности, что обеспечивает благоприятные условия для роста березы и ее доминирование в составе древостоя.

Магнум в нормах 100-200 г/га зарегистрирован для применения в лесном хозяйстве в лесных культурах (посадках) и молодняках естественного происхождения с участием березы и включен в «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов», разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Однократное применение этого препарата позволяем сформировать молодняки с преобладанием березы – хозяйственно ценной породы.

Финансирование: финансирование исследования осуществлялось Федеральным агентством лесного хозяйства по государственному заданию ФБУ «СПбНИИЛХ», утвержденному приказом № 1061 от 25.12.2016.

*E-mail для переписки: *chemistry@spb-niilh.ru*

Литература

1. Маслов, А.А. Идентификация видов берез в заболоченных лесах центра русской равнины по результатам молекулярно-генетического анализа / А.А. Маслов, О.Ю. Баранов, А.А. Сирин // Лесоведение. – 2019. – № 3. – С. 177–187.

2. Егоров, А.Б. Формирование молодняков ели и берёзы на сплошных вырубках после предварительной химической подсушки осины / А.Б. Егоров, Н.А. Павлюченков, Л.Н. Павлюченкова // Лесоведение. – 2012. – № 2. – С. 61–65.

3. Методические указания по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве / Минсельхоз России, РАСХН, ВИЗР. – СПб., 2013. – 280 с.

4. «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов», разрешенных к применению на территории Российской Федерации. 2023 год. – URL: <https://57.fsvps.gov.ru/wpcontent/uploads/sites/14/2023/02/gx30y3nynditdrppsamr92to838054i.zip> (дата обращения: 25.03.2024).



DOI 10.21178/160524.118

УДК 630*22

Системное решение лесоводственных вопросов интенсификации лесопользования-лесовоспроизводства

© В.И. Желдак*, Э.В. Дорощенко, А.Н. Сычева

Федеральное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства», ул. Институтская, 15, Пушкино, 141200, Россия

С эколого-лесоводственных позиций рассматриваются принципиальные актуальные вопросы интенсификации лесопользования в историческом плане в современный период 20-х гг. XXI в. с целью выработки оптимальных социально-эколого-экономических подходов обращения с лесами. С использованием преемственно-исторического метода исследований, анализа, оценки и обобщения материалов литературных источников и фондовых разработок сформированы предложения по корректировке понятий содержания развивающихся процессов интенсификации пользования лесом и связанных с ними реальностей воспроизводства, содержания, сохранения леса с учетом кардинальной переоценки – смены приоритетов отношения к лесу как важнейшему компоненту окружающей природной среды, а также возможному источнику лесных ресурсов.

From ecological and forestry positions, the principal topical issues of intensification of forest management in historical terms in the modern period of the 20-s of the XXI century are considered in order to develop optimal socio-ecological and economic approaches to forest management. Using the succession-historical method of research, analysis, evaluation and generalization of materials from literary sources and stock developments, proposals have been formed to adjust the concepts of the content of the developing processes of intensification of forest use and the associated realities of reproduction, maintenance, conservation of forests, taking into account a cardinal reassessment - a change in priorities of attitude to the forest as an essential component of the environment, as well as a possible source of forest resources.

Введение

Современная (первых десятилетий XXI в.) проблема интенсификации лесопользования и связанного с ним воспроизводства лесных ресурсов, леса, по существу, лесоводственного обеспечения ее решения возникла в прошлом, периодически обострялась в связи с изменением потребностей промышленности в лесных ресурсах – древесине, сохранения экологических условий в стране и в мире в целом. Фактически потребность интенсификации лесопользования, увеличения пользования лесом - заготовки древесины с единицы площади (га) в единицу времени (год), возникает при недостатке (истощении естественно возобновляемых) ресурсов, ограниченности территории их доступного (по техническим, экономическим причинам) получения и, следовательно, необходимости увеличения воспроизводства в соответствующих объемах. Исторически пользование лесными ресурсами является своеобразной первопричиной лесовоспроизводства. Уже в лесоводстве М.К. Турского, издаваемого с 1891 г. устанавливалось положение: «Пока размеры эксплуатации данного леса не достигли природных производительных сил его, до тех пор не ощущается нужды в заботах о

производстве древесины» [1, с. 45]. Соответственно ему определялось, что «Главная цель лесного хозяйства состоит в производстве древесины.

Развитие промышленной заготовки древесины и увеличение потребности в лесных ресурсах при ограниченной их физической и/или комплексной экономической доступности привело к признанию неразрывной связи лесопользования и лесовоспроизводства, принятию в лесном хозяйстве принципа (идеи) непрерывного неистощительного пользования лесом (ННЛП). Эту идею, сформировавшуюся в конце XIX – начале XX в. Г.Ф. Морозов считал составляющей «душу лесоводства» [2]. При этом определяется главная задача лесоводства – используя и развивая свой инструментарий (мероприятия) обеспечивать ННЛП, в т. ч. в условиях возрастающей потребности в древесине путем повышения интенсивности (увеличения) пользования, которое резко возросло при нарастающей механизации лесозаготовок в первой половине – середине XX в. В этих условиях И.С. Мелехов отмечал, что «в современном лесоводстве наблюдается два противоречивых процесса – тенденция к интенсификации и вынужденное упрощенчество. Задача сводится к усилению первого и ослаблению, а затем и ликвидации второго» [2, с. 15]. Принципиальный вывод, сделанный И.С. Мелеховым при рассмотрении проблемы в 80-е гг. XX в. не только сохраняют свое значение, но становится более актуальным в 20-е гг. XXI в.: «В связи с увеличением нужды в лесе и его роли вопросы лесоводства, его интенсификации на строго научной основе приобретают такое значение, какого они никогда не имели прежде» [2, с. 17]. При этом нужда в лесе значительно расширилась и существенно преобразовалась фактически со сменой приоритетов его ресурсной и экологической составляющей.

Это связано с принятием на международном уровне и реализацией в стране основополагающих документов по устойчивому управлению лесами, сохранению биоразнообразия, рамочной конвенции по изменению климата и в ее развитие Киотского протокола, а затем Парижского соглашения по климату. Актуальным признается переход «от пользования лесами к устойчивому лесопользованию» [3]. Под влиянием этих международных процессов и соглашений, государственных установок в области лесной политики и стратегии устойчивого развития, а также реально проявляющихся неблагоприятных глобальных и локальных негативных тенденций, процессов изменения природных экологических условий, происходят также принципиальная трансформация отношения к лесу в обществе (социуме) с резким усилением приоритета его экологической ценности при сохраняющейся ресурсной, получающей в этом комплексном сочетании вторичное, хотя и важное значение.

Однако, следует признать, что при безусловном отражении в лесном законодательстве и основополагающих документах – лесной политики и стратегии развития лесного комплекса первостепенной важности устойчивого управления лесами, сохранения биоразнообразия, полезных функций лесов в интересах обеспечения права каждого на благоприятную окружающую среду, а также использование лесов по целевому назначению, определенному в соответствии с видами лесов и выполняемыми ими полезными функциями, непосредственная практическая реализация принятых основных принципов лесного законодательства и стратегических установок осуществляется преимущественно посредством регламентирования ресурсного пользования лесами, его интенсификации, освоения большей части лесов, отнесенных к т.н. «эксплуатационным» (фактически выполняющим важнейшие биосферные глобальные, региональные, локальные экосистемные функции), в целях «...устойчивого, максимального эффективного получения высококачественной древесины и других лесных ресурсов... с обеспечением сохранения полезных функций лесов» (ч. 3 ст. 12 ЛК РФ).

В принятой государственной лесной политике, стратегии развития лесного комплекса интенсификация использования и воспроизводства лесов рассматривается, вероятно, как главный рычаг (инструмент) решения задач и достижения целей увеличения ресурсного пользования лесами (конкретно заготовки древесины) и сохранения лесов, в

трактовке Лесного кодекса путем осуществления мероприятий (работ) по охране, защите, воспроизводству лесов, лесоразведению (ч. 1 ст. 19). Стратегией развития лесного комплекса предусматривается расширение применения модели интенсивного ведения лесного хозяйства и использования лесов, обеспечение гарантированного лесовосстановления и лесоразведения, увеличение доли искусственного восстановления леса, создание лесных культур с использованием посадочного материала с закрытой корневой системой, проведение рубок в целях ухода за лесными насаждениями, реконструкции, переформирования лесных насаждений и других мероприятий, направленных на повышение продуктивности лесов, в т. ч. с учетом адаптации их и лесного комплекса к прогнозируемым изменениям климата [4]. При этом в самой стратегии (ее констатирующей части) отмечается, что и при существующих объемах искусственного лесовосстановления потребность в агротехнических уходах обеспечивается на 60%, а необходимый уход в молодняках только на 31% [4]. Естественно, что одновременное решение задач увеличения объемов создания лесных культур, в т. ч. с закрытой корневой системой, и обеспечения агротехническими уходами и уходами в молодняках всех культур еще в больших объемах возможно на основе интенсификации ведения лесного хозяйства (соответственно лесопользования) путем значительного повышения производительности (особенно в уходе за лесом) – применения соответствующих технологий и машин (которые необходимо еще создавать) или/и привлечения большого количества рабочих (что совершенно нереально).

Интенсификация лесовоспроизводства – лесопользования с определенным увеличением объемов заготовки древесины при повышении интенсивности лесоводственных рубок прореживаний и проходных рубок, особенно в комплексе с приведенными мерами лесовосстановления, создания и выращивания высокопродуктивных лесных культур целевых пород вполне возможно и достижимо [5-8]. В то же время оно ограничено, в т. ч. получением дополнительного прироста, предельным разреживанием зависимым от множества факторов – биологических свойств древесных пород, лесорастительных условий, а также погодно-климатических, в т. ч. действия сильных ветров (вероятность проявления которых возрастает), риском снижения общей продуктивности древостоев, утраты ими устойчивости.

Для эффективной реализации многих направлений и принятых приемов интенсификации лесовоспроизводства – лесопользования, целесообразно их системно рационально использовать в конкретных природных и социально-экономических условиях. В связи с этим определена *цель* работы: совершенствование системного приоритетно-целевого лесоводственного обеспечения интенсификации лесопользования и содержания (сохранения) лесов с учетом доступности осуществления конкретных видов мероприятий, выделением и первоочередной реализацией узловых, определяющих возможность эффективного функционирования всей системы. Для достижения цели на основе системного *метода* лесоводства решены *задачи*: откорректированы определения используемых терминов, отражающих рассматриваемые понятия, процессы, применяемые на практике мероприятия, связанные с интенсификацией лесопользования – лесовоспроизводства для однозначного восприятия, толкования, всесторонней оценки; уточнена имеющаяся уже система лесоводственного обеспечения интенсификации лесопользования – лесовоспроизводства, в целом содержания (сохранения) лесов с учетом возрастающего приоритета экологической ценности лесов, в т. ч. в связи с изменением климата и необходимости снижения его отрицательных последствий; сформированы основные лесоводственные принципы системного решения современных задач интенсификации лесопользования – лесовоспроизводства, содержания лесов на основе выделения их узловых звеньев, региональной дифференциации с учетом доступности и эффективного осуществления всех мероприятий конкретных систем (особенно с использованием высокозатратных составляющих – закладки лесных культур селекционно улучшенным посадочным материалом с закрытой корневой системой и др.).

Результаты и обсуждения

1. Корректировка содержания определений терминов, отражающих рассматриваемые понятия, процессы, применяемые на практике мероприятия, связанные с интенсификацией лесопользования - лесовоспроизводства

Уточнение (корректировка) существующего понятийного аппарата, обозначаемого определенными терминами необходимо в связи с неоднозначным или недостаточно четким (без определений) их использованием как в литературных источниках, так в документах стратегического развития отрасли, в т.ч. таких исходных, как интенсификация лесопользования (ЛП), лесовоспроизводства (ЛВП), интенсивная и экстенсивная модели ведения лесного хозяйства, простого расширенного ЛВП и др.

При относительно полной, позитивной характеристике интенсификации лесопользования – лесовоспроизводства, в целом модели интенсивного ведения лесного хозяйства, в т. ч. и с указанием возможных отрицательных последствий ее при не достаточно научно обоснованном применении в прошлом (с потерей биологической устойчивости выращиваемых насаждений) в исходном документе «Концепции интенсивного использования и воспроизводства лесов» [5], а также в литературных источниках, «экстенсивная модель» отождествляется с добычей древесины, вырубкой и освоением все новых лесов сплошными рубками без должного их восстановления или применения приисковых выборочных рубок, неэффективных слабоинтенсивных рубок ухода, особенно прореживаний, проходных, не обеспечивающих увеличения прироста древостоев, соответственно депонирования углерода и, в целом, эффективности выполнения всего комплекса экологических, в т. ч. климаторегулирующих функций [7, 9].

При всем обоснованном смысловом противопоставлении «интенсивного» (усиленного, напряженного, более производительного) и «экстенсивного» (связанного с количественным увеличением, расширением, развитием), в характеристике т.н. «экстенсивной модели ведения лесного хозяйства, лесопользования» признак расширения, увеличения лесопользования за счет освоения ранее не использовавшихся лесов, в т. ч. может быть вполне научно обоснованным (и резервных лесов) даже на уровне традиционной производительности, объединен обязательно с признаками, свойствами – без должного лесовосстановления и ухода за лесом, т. е. определяющими, по существу, отрицательные последствия – количественное или/и качественное уменьшение воспроизводства леса, которое в этом определении можно воспринимать как «суженное ЛВП». К такому результату можно прийти и при использовании интенсивной модели ведения лесного хозяйства при нарушении научно обоснованного режима содержания лесов, в т.ч. осуществлении рубок ухода – чрезмерного или/и неравномерного разреживания древостоев проведенного со снижением производительного потенциала лесных экосистем (в частности излишнего изъятия количества деревьев – носителей прироста, сильно неравномерного распределения их по площади – не использование части лесорастительного потенциала участка).

Следовательно, характеристики суженного ЛВП не являются обязательно присущими даже типично экстенсивной модели, тем более которой обозначается (и часто отождествляется) сложившаяся в стране «традиционная модель ведения лесного хозяйства» с широким диапазоном интенсивности от умеренно до слабо интенсивной, которой при выполнении (без нарушений) устанавливаемого правилами режима, должно обеспечиваться как минимум простое воспроизводство лесов, а не деградация их. Увеличение пользования лесами, в т. ч. заготовки древесины, при освоении «новых» лесов, может обеспечиваться в рамках традиционного осуществления ведения лесного хозяйства, в т. ч. с применением известных (исторически выработанных – не включаемых в состав интенсивных) элементарных приемов лесоводственного содействия естественному лесовозобновлению (в отдельных лесотипологических условиях сосняков – проведение самой рубки - вырубка старого древостоя может оказаться достаточной мерой

для эффективного возобновления леса – появления его нового поколения целевой породы при наличии источников семян) с достижением целей простого лесовоспроизводства – по количеству и качеству - не только породному составу, продуктивности, но и потенциалу экологических свойств, эффективности выполнения лесами целевых функций. При этом обеспечивается возможность перехода к более или менее интенсивному простому и расширенному ЛВП путем применения более производительных эффективных мероприятий и технологий, по существу, реализации своеобразной «экстенсивно-интенсивной» модели лесопользования – лесовоспроизводства.

2. Уточнение системы лесоводственного обеспечения интенсификации лесопользования – лесовоспроизводства с учетом возрастающего приоритета экологической ценности лесов

Эффективная реализация разных (по интенсивности) моделей лесопользования – лесовоспроизводства обеспечивается разработкой и применением соответствующих системных мероприятий практического лесоводства [10]. В текущий исторический период в связи с меняющимися природными и социально-эколого-экономическими условиями, обострением проблемы изменения климата и его последствий [4, 11] лесоводством решаются задачи постоянного совершенствования системного обеспечения интенсификации ЛП-ЛВП, развития и применения моделей ведения лесного хозяйства. В соответствии с общей лесоводственной (включая экологическую и экономическую составляющие) точки зрения при применении интенсивной и экстенсивной моделей важно в конкретных лесотипологических условиях и с учетом возможных их изменений в будущем обеспечить как минимум простое (по экологическим и ресурсным показателям) не допуская суженное ЛВП (количественное и/или качественное). Расширенное лесовоспроизводство достигается при повышении производительности труда, эффективности применяемых мероприятий и технологий (в рамках не только интенсивной, но и традиционной моделей) с увеличением пользования лесом – экологического, ресурсного, причем дифференцированно в соответствии со спецификой целевого назначения лесов, их региональных зонально-типологических свойств и конкретных решаемых задач, в т. ч. актуальных климатических, включая увеличение депонирования углерода.

Показатель пользования лесом в м³/га/год, используемый для характеристики и оценки интенсивности лесопользования, не является универсальным. Он отражает уровень пользования древесиной, для других видов того же ресурсного пользования, в т. ч. кедровыми орехами, нектаропродуктивности, необходимы иные показатели, тем более экологического (водоохранного, защитного, средообразующего и т. п.), отражающие соответствующие свойства и потенциал лесных экосистем. В частности, с величиной максимального среднего прироста связан как максимальный объем пользования древесиной, биомассой так и депонирования углерода за соответствующий – сравнительно короткий возрастной период лесовыращивания – до возраста количественной спелости - ниже даже технической, принятого «возраста рубки». Но эти показатели не отражают возраст экологической зрелости – наиболее эффективного выполнения лесом основных важнейших экологических функций (водоохранных, средообразующих, защитных и др.), охватывающий период от средневозрастных – приспевающих до устойчивых перестойных включительно. Установление т. н. «возраста рубки» для защитных лесов на один класс возраста выше, чем в эксплуатационных лесах, используемый в целях разделения древостоев на возрастные группы не решает задачу, а лишь вводит элемент неопределенности в границы этих групп.

В целом, определение интенсивности модели лесопользования – лесовоспроизводства, ведения лесного хозяйства исключительно по максимальному объему прироста или заготовки древесины с единицы площади в единицу времени, недостаточно и по существу, противоречит экологическому назначению лесов, причем не только защитных, но и т. н. «эксплуатационных», которые выполняют важнейшие

биосферные функции. Не случайно известный эколог Н.Ф. Реймерс отмечал, что «Лучшие лесопромышленные технологии сохраняют лесопокрытую площадь (например, скандинавская технология), дают большой прирост древесины, но резко омолаживают лес и превращают его в парковое насаждение. Лес не достигает экологической зрелости, пустиет от многих видов биоты, деградирует как экосистема» [12, с. 232-233].

С учетом приведенных и многих других замечаний и выводов, имеющих в литературных источниках всеобщий (шаблонный) переход к модели высокоинтенсивного лесопользования – лесовоспроизводства т.н. «скандинавского типа» нецелесообразен, в первую очередь учитывая разное целевое назначение лесов, следовательно по экологическим, а также по многим другим причинам, включая даже разную доступность лесов (транспортную, экологическую, экономическую) для системного осуществления всех лесоводственных мероприятий. В реальных условиях и при перспективе решения многих технических и экономических вопросов потребуются применение моделей ведения лесного хозяйства и лесопользования разной интенсивности воздействия на лесные экосистемы в ресурсных и экологических целях.

В определенной мере варианты их уже разработаны и предложены для применения в лесах различного целевого назначения с множеством лесоводственных мер интенсификации лесоводства – лесопользования, включая увеличение объемов заготовки древесины и восстановления леса, повышения производительности существующих лесных насаждений за счет своевременной смены поколений леса – старых деградирующих древостоев, реформирования, реконструкции, активного содействия естественному лесовозобновлению и других мер [13], которые включены и в стратегию развития лесного комплекса [4]. Достижение этих целей может быть обеспечено при совершенствовании, развитии и упорядоченном сбалансированном применении разных моделей, режимов содержания лесов, воздействия на лесные насаждения в процессе их выращивания, а не шаблонным противопоставлением «интенсивной» - как, вероятно, единственно правильной и «экстенсивной» (по существу, традиционной) - как модели исключительно суженного лесовоспроизводства (а фактически – совокупности нарушений и недостатков, имеющих место в лесном хозяйстве).

В рамках реализации такого подхода, в качестве исходной, можно использовать и совершенствовать комплекс из нескольких типов моделей содержания лесов и лесопользования, устанавливаемых по уровню интенсивности (высокоинтенсивной, интенсивной, в разной мере умеренно-интенсивной и консервационно-восстановительной) с возможным выделением подтипов и видов их для достижения поставленных целей, решения конкретных системных задач (проектов развития и др.). В свою очередь, использование такой системы (классификации типов) моделей содержания лесов и лесопользования (СЛЛП) не исключает установление дифференциации СЛЛП по таксонам, выделяемым по другим определяющим целевым признакам и характеристикам, в которых интенсивность воздействия на лесные экосистемы, самих инструментов воздействия - лесоводственных мероприятий будет иметь вспомогательное или дополняющее приоритетное или сопутствующее значение. При реализации такого подхода скорректированного с учетом меняющихся социально-эколого-экономических условий и задач лесоводства типы и виды системы СЛЛП по уровню интенсивности в соответствующих характеристиках (показателях) непротиворечиво учитываются и отражаются в системах лесоводственных мероприятий содержания лесов и пользования лесом, разработанных для таксонов определенного приоритетно-целевого назначения лесов, а также и типов лесоводственных объектов системы функционально-целевого «карбонового» назначения [14].

3. Основные лесоводственные принципы системного решения задач интенсификации лесопользования – лесовоспроизводства

Базируясь на приведенном дифференцированном подходе к интенсификации лесопользования – лесовоспроизводства, применения разных по интенсивности, моделей

ведения лесного хозяйства в лесах различного целевого назначения с учетом решения обостряющихся актуальных проблем смягчения изменения климата и его последствий, в рамках всегда ограниченного количества средств, в целом комплексной доступности осуществления только лучших (как правило, наиболее затратных) мероприятий в лесах на всей территории, целесообразно использовать определенные лесоводственные принципы решения задачи интенсификации комплексного эколого-ресурсного лесопользования – лесовоспроизводства в целях содержания (сохранения) лесов в состоянии, обеспечивающем на максимально доступном уровне в сложившихся условиях и в перспективе наиболее эффективного выполнения ими приоритетных экологических и ресурсных функций. В составе этих принципов можно выделить следующие.

При планировании, проектировании лесопользования и ведения лесного хозяйства на определенной территории, в т. ч. в границах лесного участка переданного – полученного в пользование с учетом его величины, разнообразия природных условий, целевого назначения лесов, выполнения ими первоприоритетных экологических функций, потребностей в рекреационных и иных экологических благах, древесине, других лесных ресурсах, обоснованно с учетом действия всех факторов используются доступные максимально эффективные модели содержания лесов и лесопользования по интенсивности, реализуемые определенными приоритетно-целевыми системами лесоводственных мероприятий (ПЦСЛВ), разрабатываемыми для лесов определенного назначения, в видах и вариантах соответствующих природным условиям с учетом решаемых задач.

Состав планируемых и применяемых мероприятий лесовоспроизводства, лесопользования, охраны и защиты лесов по видам и интенсивности определяется с учетом реальной возможности их осуществления на качественном уровне в единой системе лесоводства по всем стадиям циклов воспроизводства леса, исключая нарушения их взаимосвязи по содержанию, интенсивности и срокам проведения, в связи с которыми эффект от предшествующих, в т. ч. высокзатратных мероприятий может быть частично или полностью утрачен в последующем и конечном результате лесовыращивания (если заложены – созданы лесные культуры, тем более селекционно улучшенным посадочным материалом с закрытой корневой системой, они с гарантией должны быть обеспечены необходимыми уходами – агротехническими и за молодняками, как минимум до формирования их устойчивого породного состава в общей системе ЛВП).

При недостатке технических, трудовых, финансовых средств на полную реализацию на всей площади комплексного лесного участка или любого территориального образования наиболее востребуемых (признанных лучшими, наиболее перспективными в данных условиях), в частности интенсивного лесопользования – лесовоспроизводства с закладкой ценных лесных культур, высокоинтенсивными прореживаниями и проходными рубками, полное планирование массового применения их на всей территории объекта нецелесообразно, т. к. системное осуществление всех мероприятий по циклу ЛВП окажется прерванным на одной из очередных стадий лесовыращивания (чаще, где требуется применение наиболее затратных мероприятий ухода за молодняками) с потерей эффекта предшествующих мероприятий. При полной реализации интенсивной модели на части комплексного участка с расходом всех имеющихся средств (финансовых, трудовых ресурсов), на другой (обычно большей) – мероприятия не будут проводиться вообще и полученный эффект может быть значительно меньшим общего, который мог быть обеспечен применением на определенной части территории участка и более простых, но доступных для полного осуществления системных лесоводственных мероприятий. В этом плане остается верным выражение Г.Ф. Морозова о применении коридорного метода ухода: «При нем удастся спасти меньшее число экземпляров ценной породы, чем при сплошной прочистке, но дело в том, что в реальных условиях действительно лучше поставить себе достижимую цель и работать с коридорным методом, чем с методом, быть

может, и более совершенным, но в условиях данной действительности не могущим дать должного эффекта» [2, с. 543].

С учетом отражения в этом примере принципиального подхода выбора доступных в конкретных условиях методов лесоводственных мероприятий далеко не самой высокой эффективности отдельные участки лесов любого территориального образования, в т. ч. на уровне природных, организационно-хозяйственных, включая лесничества, участковые лесничества, комплексные лесные участки передаваемые – получаемые в пользование и управление (для ведения лесного хозяйства) распределяются по моделям (режимам) интенсивности и соответствующим им типам и видам применяемых на них приоритетно-целевых систем лесоводственных мероприятий, реально реализуемых в полном объеме, обеспечивающих как минимум простое или достижимое расширенное лесовоспроизводство при разном уровне интенсивности (производительности) мероприятий, включая и традиционные слабоинтенсивные, в т. ч. в варианте практически экстенсивного (расширения) увеличения объемов лесопользования за счет освоения новых участков лесов даже с минимальным (сопутствующим лесосечным работам) содействием естественному лесовозобновлению при сплошной рубке - смене старого древостоя в лесотипологических условиях, где это практически гарантировано (при соблюдении параметров лесосек, оставлении источников обсеменения, минерализации почвы при трелевке древесины).

Естественно, что при усложнении лесотипологических и других условий, изменении комплексной доступности применения лесоводственных мероприятий, достижение целей простого, а тем более расширенного лесовоспроизводства – лесопользования, в т. ч. «экстенсивно – интенсивного» на вновь осваиваемых участках, обеспечивается как за счет увеличения площади осуществления пользования лесом, так и более интенсивного (производительного) воздействия на эти объекты ЛВП-ЛП, причем разного уровня интенсивности и затратности – от активных мер содействия лесовозобновлению до создания лесных культур селекционно улучшенным посадочным материалом.

Возможность и масштабы применения отдельных, в т. ч. рассматриваемых как наиболее эффективные для интенсификации лесовоспроизводства – лесопользования, особенно высокозатратных (в частности закладка, создание лесных культур селекционно улучшенным посадочным материалом с закрытой корневой системой), а также связанных с риском потери устойчивости древостоев в результате чрезмерного разреживания – высокоинтенсивные рубки ухода, тем более в лесотипологических условиях с влажными почвами, насаждениях древесных пород с поверхностными корневыми системами (ель, пихта и др.), необходимо устанавливать в рамках доступной полной реализации включающих их ПЦСЛВ, причем на любом уровне планирования и проектирования – от элементарного лесного участка, в т. ч. переданного – полученного в пользование до формирования стратегических установок развития лесного комплекса. При этом, выделяются своеобразные «узкие места» и соответствующие «узловые мероприятия», определяющие часто масштабы эффективного применения всей системы – как, в частности, мероприятия агротехнического ухода и особенно ухода за молодняками, в т. ч. созданными на основе самых лучших лесокультурных мероприятий интенсивного ЛВП-ЛП – эффект которых будет утрачен при отсутствии своевременного качественного ухода, а вместо высокоинтенсивных прореживаний, проходных рубок в древостоях целевого состава хвойных пород, в лучшем случае необходимо будет вести рубки ухода переформирования насаждений, под пологом которых хвойные еще сохраняют жизнеспособность. Следовательно, сохраняет свое значение принципиальная установка (своеобразное «правило») лесоводства: «закладывать лесных культур столько, сколько можно обеспечить уходом, вырастить». И закладывать их необходимо, в первую очередь, в тех условиях, где другими методами (способами) – естественного возобновления леса невозможно обеспечить восстановление, создание ценных лесных насаждений, а также в

целевых проектах для достижения конкретных результатов (создания защитных лесных экосистем, лесосырьевых плантаций, «карбоновых насаждений» и др.).

По тому же принципу, вероятно, в рамках оптимального использования искусственного лесовосстановления с закладкой – созданием лесных культур посадочным материалом с закрытой корневой системой (с широкими возможностями подбора субстрата для него), необходимо использовать как меру интенсификации ЛВП-ЛП, в первую очередь, в тех сложных условиях, где более простые традиционные методы (способы) неэффективны – в основном за пределами лесной зоны, в которой лес восстанавливается как правило естественно, тем более с лесоводственными мерами содействия и качественным созданием лесных культур посадочным материалом и с открытой корневой системой. Безусловно, что более эффективные методы и мероприятия лесовосстановления в целом лесовоспроизводства, содержания лесов целесообразно использовать и в этих условиях, но по мере решения указанных первоочередных задач интенсификации, повышения эффективности ведения лесного хозяйства.

В тех же целях – системного повышения интенсивности, эффективности лесного хозяйства – лесопользования на территории страны и любой ее части с учетом лесоводственного (лесного) районирования при установлении фактически «узкого звена» в общей системе (цепочке мероприятий лесовоспроизводства – лесопользования или в целом содержания лесов – лесопользования) – осуществления «ухода агротехнического и в молодняках» организационно-технические, экономические «усилия» и приоритетные целевые установки интенсификации необходимо направить на разработку и/или расширенное применение более производительных мероприятий, технологий и технических средств соответствующих мероприятий ухода, а до решения этой задачи сбалансировать (на основе применения всего имеющегося и развиваемого комплекса систем лесоводственных мероприятий) объемы закладки лесных культур разными методами с объемами полного качественного ухода за ними с учетом обязательного ухода за естественным возобновлением и молодняками естественного происхождения, затраты на проведение которых могут быть значительно ниже, чем на уход за культурами, к тому же ценные насаждения, формируемые на основе естественного возобновления леса, характеризуются как экологически наиболее ценные.

При реализации системного подхода ведения лесного хозяйства – лесопользования, возможно и определенное расширение использования мер интенсификации рубок ухода прореживаний и проходных рубок, в частности за счет применения этих мероприятий в ельниках и пихтарниках, где они действующими правилами санитарной безопасности практически запрещены (при участии ели, пихты в составе 8 единиц и больше), но при системном проведении рубок ухода – разреживания формирующихся молодых древостоев такого состава (как и других) с постепенным «воспитанием» (по выражению Г.Ф. Морозова) их, в т. ч. с выработкой устойчивости. В подготовленных такими мерами насаждениях можно и необходимо будет проводить также прореживания, проходные рубки умеренной интенсивности (с несколько большей повторяемостью), а в последующем и выборочные рубки смены поколений леса. При существующем регламентировании (запрете) применения рубок ухода в ельниках и пихтарниках, участки, сформированные в таком режиме темнохвойных лесов – исторически основные объекты выборочного ведения лесного хозяйства, по существу исключаются из этой системы. Спелые, перестойные высокополнотные древостой темнохвойных насаждений, в которых не велись рубки ухода – как правило, неустойчивы при разреживании выборочными рубками смены поколений леса (заготовки древесины в терминологии Лесного кодекса) и подлежат сплошной рубке, что расширяет к тому же объемы закладки лесных культур, которые в сложившихся условиях и объемах не обеспечены достаточным уходом.

Расширение применения полноцикловых выборочных систем лесоводственных мероприятий, в т. ч. как меры интенсификации лесного хозяйства при обеспечении появления и сохранения предварительного лесовозобновления целевых пород

(следовательно, сокращение необходимых объемов создания лесных культур не обеспеченных уходом) возможно путем осуществления комплекса мер содействия естественному лесовозобновлению до смены поколений леса как при проведении выборочных (постепенных), так и сплошных рубок с заменой их одноприемными выборочными рубками ухода за подростом, выращиваемым под предварительно умеренно разреженным пологом. При этом, для стимулирования (мотивации) осуществления таких мер лесопользователям необходимо установить нормативными документами, в т. ч. на уровне лесохозяйственного регламента, проекта освоения лесов, требование (норму), что восстановление леса за счет ухода за подростом (при рубках смены поколений леса – для заготовки древесины в терминологии Лесного кодекса) является равноценным или приоритетным (с учетом высоты, жизнеспособности, достаточного количества сохраненного подроста) в сравнении с созданием лесных культур. Реализация такой лесоводственной меры обеспечит внесение существенного вклада в интенсификацию не только экологического пользования – постоянного более эффективного выполнения лесами водоохраных, защитных, климаторегулирующих и других полезных функций, но и ресурсного за счет известного сокращения периода выращивания древостоев после смены поколений леса и, следовательно, увеличения пользования (заготовки) древесины в м³/га/год.

Для достижения целей интенсификации и в целом существенного повышения эффективности ведения лесного хозяйства и лесопользования (не формально, а качественно) с проведением перечисленных и других лесоводственных мероприятий необходимо существенно корректировать (дополнять) систему контроля и оценки результатов применения всех мероприятий. При безусловной необходимости совершенствования мер (методов) существующего, фактически текущего детального «пооперационного» контроля выполнения работ (начиная от отвода и таксации лесосек, осуществления рубок для заготовки древесины и др.), которые вероятно необходимо существенно упростить за счет использования новых технологий и технических средств (дистанционного зондирования Земли, использования БПЛА и др.), основную оценку результативности, качества, в т. ч. интенсивности лесовоспроизводства – лесопользования, содержания лесов необходимо осуществлять по данным состояния лесов, следовательно и лесных участков передаваемых в пользование, а лучше для ведения лесного хозяйства и непрерывного неистощительного эффективного пользования лесом.

При реализации такого подхода в управлении лесами (лесным хозяйством, лесопользованием) достижение установленных целевых показателей, характеризующих леса в динамике на любой территории и каждого участка в границах комплексного лесного участка, получаемого в пользование (для ведения лесного хозяйства и лесопользования), будет главной задачей того же арендатора. Для решения этой задачи ему необходимо представить возможность выбирать лучшие доступные в конкретных условиях виды и варианты мероприятий лесоводства и лесопользования, реализовывать их с применением соответствующих технологий, в т. ч. лесосечных работ, тщательного отвода лесосек, с детальным внутренним контролем за выполнением всех работ, в т. ч. осуществления рубок ухода за подростом при заготовке древесины (а не наоборот), качественное проведение которых обеспечит не только получение долгосрочного эффекта (интенсификации ЛП), но и непосредственно фактически целевого молодняка без затрат на закладку лесных культур, осуществление многократных агротехнических уходов и полного общего ухода за молодняками.

Заключение

В целях совершенствования лесоводственного обеспечения интенсификации лесопользования – лесовоспроизводства, на основе анализа материалов литературных источников и разработок лесоводства в данной области, с учетом меняющихся

природных, в т. ч. климатических, а также социально-эколого-экономических условий, возрастающего в обществе отношения к лесу как важнейшей составляющей окружающей природной среды, при сохранении его ресурсной значимости, ценности, выделены узловые элементы последовательного системно взаимосвязанного решения проблемы, включая:

- корректировку содержания понятий интенсификации лесопользования – лесовоспроизводства не только ресурсного, но и экологического со сменой приоритетов, дифференцированного рассмотрения, разработки и применения разных по интенсивности моделей ведения лесного хозяйства (высокоинтенсивного, интенсивного, умеренно-интенсивного или традиционного, консервационно-восстановительного типов), исключая при смысловом противопоставлении «интенсивной» и «экстенсивной» моделей, к которой нередко не обоснованно относят и применяющуюся в стране нормативно регламентируемую «традиционную», отождествление ее, по существу, с комплексом нарушений правил и отрицательных последствий;

- уточнение существующих систем лесоводственного обеспечения интенсификации лесопользования – лесовоспроизводства с учетом возрастающего приоритета экологической ценности лесов, изменения климата и необходимости смягчения его отрицательных последствий, осуществляется на основе взаимодополняющего иерархического сочетания и сбалансированного дифференцированного использования в разрабатываемых и применяемых приоритетно-целевых системах лесоводства в лесах определенного назначения – защитных (по категориям), эксплуатационных (с преобразованием их, по существу, в леса приоритетного глобального и регионального экологического значения и многоцелевого лесопользования) мероприятий моделей разной интенсивности на определенных стадиях циклов лесовоспроизводства, обеспечивающих увеличение прироста и депонирования углерода, в т. ч. с учетом выделения разных типов функционально-целевой «карбоновой» системы лесоводственных объектов;

- формирование основных лесоводственных принципов системного решения задач интенсификации лесопользования – лесовоспроизводства, содержания лесов, определяет при их реализации достижение общего максимально возможного (доступного) эффекта путем сбалансированного применения всех необходимых на данном комплексном объекте моделей ведения лесного хозяйства по интенсивности с учетом его величины, разнообразия природных условий и целевого назначения лесов, выполнения ими первоприоритетных экологических функций. В рамках приоритетно-целевых систем лесоводственных мероприятий, разрабатываемых для защитных, эксплуатационных лесов (в терминологии Лесного кодекса) с расчетом на реальную доступность – возможность осуществления всей цепочки мероприятий по циклам лесовоспроизводства, в т. ч. агротехнических уходов и уходов за молодняками (которые объективно являются определяющими звеньями), планируется применение интенсивных и других моделей ведения лесного хозяйства. При этом оценку результативности, качества, интенсивности лесовоспроизводства – лесопользования, содержания лесов необходимо осуществлять по данным состояния лесов, в т. ч. лесных участков, передаваемых для ведения лесного хозяйства и непрерывного неистощительного эффективного экологического и ресурсного пользования лесом.

*E-mail автора для переписки: lesvig@yandex.ru

Литература

1. Турский, М.К. Лесоводство / М.К. Турский. – М.: Сельхозгиз, 1954. – 352 с.
2. Морозов, Г.Ф. Избранные труды / Г.Ф. Морозов. – Т.1. – М.: Лесн. пром-сть, 1970. – 561 с.
3. Писаренко, А.И. Лесное хозяйство России: от пользования к управлению / А.И. Писаренко, В.В. Страхов. – М. : ИД «Юриспруденция», 2004. – 552 с.

4. Об утверждении Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года. Распоряжение правительства Российской Федерации от 11 февраля 2021 года № 312-р. // КонсультантПлюс : офиц. сайт / Компания «КонсультантПлюс». – Электрон. справ. правовая система. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_377162/ (дата обращения: 10.02.2024).
5. Концепция интенсивного использования и воспроизводства лесов. – СПб.: ФБУ "СПбНИИЛХ", 2015. – 16 с.
6. 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.
7. Лескинен, П. Леса России и изменение климата. Что нам может сказать наука / П. Лескинен, М. Линднер, П. Веркерк [и др.]; под ред. Б. Леринка. – Bonn: European Forest Institute, 2020. – 140 с.
8. Платонов, Е.П. Интенсивное ведение лесного хозяйства как основа современного лесопользования / Е.П. Платонов // Оптимизация лесопользования: Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, посвященной 70-летию Почетного работника высшего образования, Заслуженного лесоведа России Залесова Сергея Вениаминовича, Екатеринбург, 26–27 октября 2023 года. – Екатеринбург: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Уральский государственный лесотехнический университет", 2023. – С. 18-22. – EDN TIGRZJ.
9. Карпачевский, М.Л. Основы устойчивого лесопользования. 2-е изд., перераб. и доп. / М.Л. Карпачевский, В.К. Тепляков, Т.О. Яницкая [и др.]; под общ. ред. А.В. Беляковой, Н.М. Шматкова. – М.: WWF России, 2014. – 266 с.
10. Желдак, В.И. Основные концептуальные положения «интенсификации практического лесоводства» в начале XXI века / В.И. Желдак, А.А. Кулагин, В.М. Сидоренков // Инновации и технологии в лесном хозяйстве – 2013 : Материалы III Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 22–24 мая 2013 года. Часть 2. – Санкт-Петербург: Федеральное бюджетное учреждение "Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства", 2013. – С. 211-218. – EDN WWNFJL.
11. Константинов, А.В. Институциональные методы и формы осуществления мониторинга эффективности реализованных мер адаптации лесного сектора экономики к климатическим изменениям / А.В. Константинов, Т.С. Королева, И.О. Торжков, Е.А. Кушнир // Лесотехнический журнал. – 2020. – Т. 10, № 4 (40). – С. 243-256. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2020.4/20. – EDN GMUPET.
12. Реймерс, Н.Ф. Надежды на выживание человечества: концептуальная экология / Н.Ф. Реймерс. – М.: ИЦ «Россия молодая» – Экология, 1992. – 367 с.
13. Желдак, В.И. Системы лесоводственных мероприятий для моделей разного режима содержания лесов и лесопользования / В.И. Желдак // Лесотехнический журнал. – 2017. – Т. 8, № 4 (28). – С. 55–71.
14. Желдак, В.И. Вопросы лесоводственного совершенствования системы сохранения и использования лесов в рамках решения проблемы адаптации лесов и лесного комплекса к изменениям климата – Текст: электронный / В.И. Желдак, Э.В. Дороженкова, И.Ю. Прока, А.Н. Сычева, Т.В. Липкина // Лесохозяйственная информация. – 2023. – № 2. – С. 5–26. – DOI 10.24419/LNI.2304-3083.2023.2.01 (дата обращения 10.02.2024).

DOI 10.21178/160524.130

УДК 630. 244 /4 (632.931.4)

Санитарные рубки лесных насаждений

© Л.В. Зленко

ФГУ ДПО ИПКЛХ, ул. Заводская, д. 1/1, пом. 2, г. Дивногорск, 663090, Красноярский край, Россия

В данной статье рассмотрены сплошные санитарные рубки в Среднесибирском подтаежно-лесостепном районе. Проанализированы сходные фактические характеристики различных лесных участков. Раскрыты качественные и количественные показатели хода естественного возобновления на старых вырубках разных лет. Основными причиной ослабления, повреждения и гибели древостоев являются лесные пожары и повреждение насекомыми. Своевременное проведение лесопатологических обследований с назначением санитарно-оздоровительных мероприятий позволяет минимизировать последствия в нарушенных насаждениях.

This article considers continuous sanitary felling in the Central Siberian sub-taiga-forest-steppe region. Similar actual characteristics of different forest areas were analyzed. Disclosed are qualitative and quantitative indicators of the course of natural renewal on old cuttings of different years. The main cause of weakening, damage and death of stands are forest fires and insect damage. Timely conduct of forest pathological examinations surveys with the appointment of sanitary and health measures allows minimizing the consequences in disturbed plantations.

Проблема санитарных рубок по регионам носит острый характер. Зачастую на нарушенных территориях отмечается преобладание спелых и перестойных лесных насаждений, пораженных вредными организмами. Вредные организмы новый термин в нормативно-правовых актах Российской Федерации в области защиты лесов, включающий в себя более широкое понятие, чем вредители леса.

Основными задачами на нарушенных участках является своевременное оперативное проведение лесопатологических обследований с целью выявления вредных организмов и назначения санитарно-оздоровительных мероприятий (далее СОМ), согласно регламенту проведения лесопатологических обследований с соблюдением сроков и положений изложенных в нормативно-правовых актах (далее НПА): порядок лесозащитного районирования, порядок осуществления государственного лесопатологического мониторинга, порядок проведения лесопатологических обследований, правила осуществления мероприятий по предупреждению распространения вредных организмов устанавливаются Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации. При осуществлении мер санитарной безопасности в лесах оценка санитарного и (или) лесопатологического состояния лесов проводится в соответствии со шкалой категорий состояния деревьев, приведено в нормативно-правовых актах [1-6].

СОМ проводятся с целью улучшения санитарного и лесопатологического состояния лесных насаждений, уменьшения угрозы распространения вредных организмов, борьбы с вредителями и болезнями леса, обеспечения лесными насаждениями своих целевых функций, а также снижения ущерба от воздействия неблагоприятных факторов (воздействие огня, погодные условия, почвенно-климатические факторы и другие,

биотические и абиотические факторы, наносящие ущерб устойчивости или целевой функции лесов) отмечается в нормативно-правовом акте [4].

Сегодняшний подход к выявлению нарушенных лесных насаждений, а также осуществлению СОМ показывают, что данные мероприятия не всегда сказываются на снижении численности вредных организмов за счет больших площадей поврежденных и погибших насаждений и несвоевременностью назначения в них санитарно-оздоровительных мероприятий.

Цель работы: оценка нарушенных участков после проведения сплошных санитарных рубок (ССР), особенности возобновительных процессов на них.

Материалы и методы

Большинство вырубок в тайге могут возобновляться естественным путём, как за счёт сохранения предварительных генераций подроста, второго яруса насаждений и тонкомера при ведении лесозаготовительных работ, так и за счёт последующего возобновления хвойными и лиственными породами.

Все пробные площади располагались в Среднесибирском подтаежно-лесостепном районе на серых лесных суглинистых свежих почвах. Рельеф местности равнинный.

Сплошная санитарная рубка проводится в насаждениях, в которых после удаления деревьев, подлежащих рубке, полнота становится ниже предельных величин, при которых обеспечивается способность древостоев выполнять функции, соответствующие категориям защитных лесов или целевому назначению. Расчет фактической полноты древостоя обеспечивается при проведении лесопатологического обследования.

При оценке выполненных сплошных санитарных рубок необходимо определить:

- местоположение, площадь участка с выполненным мероприятием;
- качество выполненного мероприятия;

Местоположение, площадь участка с выполненным мероприятием

В натуре местоположение участка определяется на основании материалов отвода лесосек и акта осмотра лесосеки.

Результаты исследований

Анализ сплошных санитарных вырубках производился с учётом способов, сезона эксплуатации и давности вырубки (табл. 1). На каждой вырубке отмечались: год рубки, сезон рубки, господствующая порода до рубки, тип леса до рубки, живой напочвенный покров, подлесок и его характеристика, характеристика возобновления.

Таблица 1

Характеристика насаждений, вырубленных с использованием различной техники

№ пробной площади	Год рубки	Техника	Характеристика вырубленных насаждений							
			Состав	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Бонитет	Тип леса*	Полнота, ед.	Запас, м ³ /Га
1	2001	ЛП-19+ТТ-4, ЛТ-72, КАМАЗ, УРАЛ, КРАЗ	6Б2К2Е	120	23	24	III	мш	0,6	170
2	2012	ЛП-19+ТТ-4, ЛТ-72, КАМАЗ, УРАЛ, КРАЗ	8Ос2П+Б	130	27	40	II	рт	0,6	250
3	2016	John Deere ВПМ	5Б4Ос1П	130	26	28	II	рт	0,6	210
			6Б4Ос+П,К	120	26	28	II	рт	0,4	140

		853+скиддер 648								
4	2009	John Deere ВПМ 853+скиддер 648	4Б4Ос2П	70	27	24	I	рт	0,6	210
5	2004	ЛП-19+ТТ-4, ЛТ-72, КАМАЗ, УРАЛ, КРАЗ	5Б1Ос3Е1П	100	24	30	II	рт	0,3	90
			5Б3Ос2Е+П	90	28	28	I	рт	0,4	160
			6Б2Ос1С1Е	110	25	28	II	рт	0,5	160

Примечание. *мш – мшистый, рт - разнотравный

Подлесок редкий и средней густоты из черёмухи обыкновенной (*Padus avium*), шиповника иглистого (*Rosa acicularis*), рябины сибирской (*Sorbus aucuparia ssp. sibirica*) и спиреи средней (*Spiraea media*).

На пробных площадях была проведена оценка естественного возобновления на нарушенных вследствие сплошных санитарных рубок лесных участков, количественные и качественные показатели: состав и количество подроста, его возраст, степень жизнеспособности, характер размещения, особенности.

Основными причинами усыхания лесов являются лесные пожары (78,76 % от общей площади повреждений), насекомые 19,3 %, прочие причины 1,08 %.

Очаги болезней леса представлены группами стволовых и комлевых гнилей, а также некротно-раковыми болезнями леса.

Технология и организация работ:

Ширина пазек – 40 м, ширина магистральных волоков – 4,5 м, технологических коридоров – 4,0 м. На подготовительном этапе была проведена уборка опасных деревьев и разработка технологической сети.

Валка на лесосеке проводилась бензопилами, направление валки – вершиной на волок под углом 45 градусов. Обрубка сучьев производилась бензопилой на месте валки, раскряжевка на погрузочной площадке.

Трелевка производилась тракторами ТТ-4, ТТ-4М, штабелевка и погрузка ЛТ-72, вывозка осуществлялась сортиментами при помощи КАМАЗа, УРАЛа, КРАЗа.

Способ очистки лесосеки: сбор порубочных остатков в кучи, с последующим сжиганием их в пожаробезопасный период, с опашкой лесосеки минерализованной полосой шириной не менее 1,4 м.

Старые вырубки расположены на западном склоне крутизной 15 градусов. Рубка проводилась в зимнее время. До рубки древостой имел полноту 0,3-0,6 с запасом 160-170 м³/га, представлен он был группой классов возраста перестойные, так как возраст березняка не превышал 170 лет, производительность 3 класса бонитета, тип леса березняк разнотравный.

Из подлесочных пород: спирея, рябина, до 600 штук на 1 га, полог подлеска рыхлый, разреженный распространение подлеска групповое и в целом существенного влияния на ход естественного возобновления он не оказывает. В то же время в местах произрастания подлеска в виде групп полностью отсутствует подрост как хвойных, так и лиственных пород.

Живой напочвенный покров представлен в основном осочкой большехвостой, что, вызывая задернение почвы, препятствует появлению всходов и самосева. Кроме осочки большехвостой на вырубке произрастает осот красный, тысячелистник, аконит или борец высокий в местах с разлагающимися с порубочными остатками и подростом берёзы.

Причиной ослабления, повреждения и гибели древостоев в субъекте являются лесные пожары и повреждение насекомыми. Наиболее распространенными вредителями лесов в

регионе являются шелкопряд сибирский, полиграф уссурийский и усач еловый черный большой, что неизбежно приводит к изменению санитарного и лесопатологического состояния и общей нарушенности лесных участков. Сплошные санитарные рубки показали также наличие стволовых гнилей в разных частях древесного ствола, что существенно снижает качественные характеристики древесины.

Данные таксационных показателей сосновых, березовых и пихтовых насаждений до рубки представлены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристика сосновых, березовых и пихтовых насаждений до рубки

№ ПП год рубки	Характеристика насаждения							
	Состав	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Бонитет	Тип леса*	Полнота	Запас, м ³ /га
<u>23/13</u> 2015	7СЗБ+Ос+Л	70	23	28	3	осрт	0,7	260
<u>25/1</u> 2015	7СЗБ+Ос+Л	100	23	32	2	осрт	0,6	270
<u>78/1</u> 2015	6СЗБ1Ос	80	21	26	2	осрт	0,6	255
<u>12/25</u> 2015	7СЗБ+Ос+Л	70	23	28	3	осрт	0,5	170
<u>23/6</u> 2008	6Б2Е2П	I-100	22 23 21	26 28 24	3	мп	0,5	180
<u>23/7</u> 2008	6БЗП1Е+К	I-100 II-180 II-180	22 20 20	26 22 24	3	мп	0,6	170
<u>47/9</u> 2008	4ПЗЕ2К1Б	I-140 I-140 II-200 III-90	22 24 21 ?20	26 30 36 24	4	рт	0,6	150

Примечание. *осрт – осочково-разнотравный, мп – мертвопокровный, рт – разнотравный; I, II, III – ярусы древостоя.

Возобновление на нарушенных участках протекает преимущественно хвойными породами, в достаточном количестве согласно нормативным показателям Среднесибирского подтаежно-лесостепного района.

Распределение подроста по группам возраста на старых вырубках представлено в таблице 3.

Общее количество подроста всех видов составляет 11834 штук на 1 га, в том числе на долю сосны приходится 73,5 % (8698 шт./га); процент лиственницы в составе не превышает 11,4 % (1349 шт./га), а на долю кедра приходится 5,4 % или 639 шт./га и берёза в составе сомкнувшегося молодняка занимает 9,7 % от общего количества всех экземпляров (1148 штук на 1 га).

Таким образом, состав молодняка на старой вырубке 7С1Л1К1Б.

Нужно отметить тот факт, что очень высокая загущенность подроста сосны наблюдается у стен леса, за счет большего количества источников обсеменения по периметру вырубки.

Таблица 3

Распределение подроста на старых вырубках по группам возраста

Порода	Доля породы в составе подроста, %	Распределение подроста по группам возраста (числитель – шт./га; знаменатель – %)					Итого
		Всходы	2-5 лет	6-10 лет	11-15 лет	16 и > лет	
Сосна	73,5	-	$\frac{218}{2,5}$	$\frac{4853}{55,8}$	$\frac{2183}{25,1}$	$\frac{1444}{16,6}$	$\frac{8698}{100}$
Лиственница	11,4	-	-	$\frac{673}{49,9}$	$\frac{185}{13,7}$	$\frac{491}{36,4}$	$\frac{1349}{100}$
Кедр	5,4	-	-	$\frac{82}{12,8}$	$\frac{145}{22,7}$	$\frac{412}{64,5}$	$\frac{639}{100}$
Берёза	9,7	-	-	$\frac{602}{52,4}$	$\frac{140}{12,2}$	$\frac{406}{35,4}$	$\frac{1148}{100}$
Итого	100,0		$\frac{218}{1,8}$	$\frac{6210}{52,5}$	$\frac{2653}{22,4}$	$\frac{2753}{23,3}$	$\frac{11834}{100}$

В возобновлении участвует подрост как предварительного, так и последующего поколения. На долю подроста предварительного поколения приходится 5406 штук на 1 га, то есть сохранность подроста примерно составляет 45,7 %. Но при этом нужно учитывать тот факт, что возможно часть подроста предварительного поколения перешла в тонкомер, так как имеются экземпляры как хвойных, так и лиственных пород с диаметром более 6 см. Что касается подроста последующего поколения, то на их долю приходится 54,3 %.

Массовое заселение вырубki древесными породами приходится на первые три года после проведения лесозаготовительных работ, то есть на тот период времени пока территория вырубki не успевает зарости злаковой травянистой растительностью. Размещение подроста последующего поколения не равномерное, а группово-извилистое, то есть по местам минерализованной части участка и трелёвочным волокам.

На данной вырубке лидирует подрост в возрасте от 6 до 10 лет и составляет по сосне 55,8 % от числа всех сосен, по лиственнице – 49,9 % от числа всех лиственниц и по берёзе – 52,4 % от числа всех экземпляров берёзы. Исключение составляет подрост кедра. В данной группе возраста кедр составляет всего 12,8 % и это говорит о том, что на вырубках последующее лесовозобновление кедра очень слабое. Причём нужно отметить, что подрост кедра последующего поколения растёт «гнездами». Возможно, всходы кедра появляются либо от запасов кедровки, либо от одной шишки, упавшей на землю. Максимальное количество кедра обнаружено в возрастной группе 16 лет и старше (64,5 %), но численность его в этой группе не значительная – всего лишь 412 штук на 1 га.

На данной вырубке имеется самосев сосны в возрасте 5 лет, но доля его незначительная и составляет лишь 2,5 % от числа всех сосен. В связи с тем, что после вырубki создаются благоприятные экологические условия для светолюбивых пород, анализируем характер распределения подроста по группам высот и категориям жизнеспособности.

Распределение подроста по группам высот отражено в таблице 4, а по категориям жизнеспособности – в таблице 5.

По крупности, как видно из данных таблицы, подрост распределен неравномерно, больше всего подроста высотой 151 см и более, то есть крупного подроста обнаружено от общего числа всех пород 53,8 %, вторую группу по крупности составляет мелкий подрост, то есть высотой до 50 см. В этой группе высот оказалось всего 2952 штук подроста сосны, лиственницы и кедра, что составляет от числа особей всех учтённых пород 25 %. Третью группу по крупности представляет средний подрост высотой от 51 до 151 см с количеством 2509 шт./га или 21,2 % от общего числа возобновления.

Таблица 4

Распределение подроста по группам высот на вырубке

Порода	Распределение подроста по группам высот (числитель – шт./га; знаменатель – %)					Итого
	до 10 см	11-25 см	26-50 см	51-150 см	151 см и более	
Сосна	<u>296</u> 3,4	<u>731</u> 8,4	<u>1687</u> 19,4	<u>1905</u> 21,9	<u>4079</u> 46,9	<u>8698</u> 100
Лиственница	-	-	<u>103</u> 7,6	<u>317</u> 23,5	<u>929</u> 68,9	<u>1349</u> 100
Кедр	-	-	<u>135</u> 21,2	<u>233</u> 36,4	<u>271</u> 42,4	<u>639</u> 100
Берёза	-	-	-	-	<u>1094</u> 95,3	<u>1148</u> 100
Итого	<u>296</u> 2,5	<u>731</u> 6,2	<u>1925</u> 16,3	<u>2509</u> 21,2	<u>6373</u> 53,8	<u>11834</u> 100

Преобладание мелкого подроста по сравнению со средним по категориям крупности объясняется тем, что в данном сомкнувшемся молодняке началась борьба за выживание, так как подрост младший по возрасту угнетается более высокими и старшими по возрасту экземплярами. Однако погибшие экземпляры молодого поколения леса обнаружены только по сосне 2,4 % (209 шт./га). Подрост в целом жизнеспособный, так как благонадёжного подроста в среднем насчитывается 10539 штук на 1 га или 89,0 % от числа учтённого лесовозобновления.

Таблица 5

Распределение подроста на вырубке по категориям жизнеспособности
(числитель – шт./га; знаменатель – %)

Порода	Категории благонадёжности			Итого
	Благонадёжный	Сомнительный	Усохший	
Сосна	<u>7689</u> 88,4	<u>800</u> 9,2	<u>209</u> 2,4	<u>8698</u> 100
Лиственница	<u>1144</u> 84,8	<u>205</u> 15,2	-	<u>1349</u> 100
Кедр	<u>590</u> 92,3	<u>49</u> 7,7	-	<u>639</u> 100
Берёза	<u>1116</u> 97,2	<u>32</u> 2,8	-	<u>1148</u> 100
Итого	<u>10539</u> 89,0	<u>1086</u> 9,2	<u>209</u> 1,8	<u>11834</u> 100

Если же сравнить численность благонадёжных экземпляров на свежей вырубке и вырубке, то можно заметить, что на данной вырубке таковых оказалось больше, чем на предыдущих пробных площадях. Подрост, вышедший из-под полога травяно-кустарниковой растительности, развивается значительно успешнее и успешно борется за элементы минерального питания и влагу.

Анализируя полученные результаты по учёту лесовозобновления на старых вырубках, следует отметить, что и здесь возобновление протекает удовлетворительно с преобладанием хозяйственно-ценных видов древесных пород.

Как показало обследование, разработка лесосек ручной валкой методом узких лент дает удовлетворительную сохранность подроста. Разработка лесосек агрегатными машинами ведется бессистемно, зачастую с нарушением технологии, вследствие этого сохранность подроста неудовлетворительная.

Характеристика возобновления после рубки отечественной техникой показывает, что существенно отличаются вырубки относительно свежие от более старых. На более старых практически отсутствует сохранённый подрост и полностью отсутствуют сохранённый тонкомер и второй ярус, а на более свежих, наоборот, эти элементы леса присутствуют в больших количествах.

Структура и динамика возобновления на более старых вырубках 2001-2004 гг. показывает, что на момент обследования было от полного отсутствия возобновления хвойных пород до 0,6 тыс. шт./га подроста, выраженного оставленного тонкомера и второго яруса не было, стояли единичные деревья. Причём, 60 % от общего количества хвойных пород было представлено исключительно послерубочными генерациями в виде мелкой категории крупности (до 0,5 м). Более всего это относится к пихте, менее – к ели, и практически отсутствуют посевы кедровки.

При этом в составе возобновления колебание хвойных пород составляет до 4 %, на ПП № 1 были посажены культуры кедр, которые на момент обследования уже ушли под полог лиственных пород. На вырубках, где доминирует берёза, возобновления в общем меньше (2-12 тыс. шт./га), чем на вырубках с преобладанием осины (16-17 тыс. шт./га). Также ниже высота подроста 3 м против 3,5-5,5 м. Отмечено, что на вырубках с доминированием берёзы выше густота подлеска (до 12 тыс. шт./га), в то время как на осиновых только 2-3 тыс. шт./га. То есть в целом общая густота возобновления сопоставима и составляет 13-21 тыс. шт./га. Видовой состав подлеска также различается: на вырубках с преобладанием берёзы доминирует ива, и поэтому высота составляет 2,8-4,5 м. А на вырубках с преобладанием осины при доминировании черёмухи высота достигает 4 м, рябины – 0,8 м и смородины – 1 м.

Структура и динамика возобновления на вырубках 2005-2006 гг. показывает, что на момент обследования было 0,5 тыс. шт./га подроста и 400-700 шт./га тонкомера и второго яруса хвойных пород. При этом от 25 до 80 % этого подроста представлено послерубочными генерациями в виде мелкой категории крупности (до 0,5 м). Более всего это относится к пихте, менее - к ели, и практически отсутствуют посевы кедровки, а как следствие и гнездовое расположение сосны кедровой сибирской.

При этом в составе возобновления колебание хвойных пород составляет от 5 до 21 %, причём большее участие хвойных (18-21 %) в составе приурочено к тем вырубкам, где доминирует берёза, а на вырубках с преобладанием осины участие хвойных значительно меньше (5 %). Отчасти это связано с густотой возобновления, которая на вырубках с доминированием берёзы составляет 2,8-4,3 тыс. шт./га, а на вырубках с преобладанием осины - 10,5 тыс. шт./га. По высоте существенных отличий не выявлено, и она колеблется в пределах 1,5-2,5 м. Густота подлеска значительна и составляет 3,0-3,4 тыс. кустов на 1 га. При этом на вырубках с преобладанием осины значимо больше присутствует ива. Ещё одно отличие заключается в том, что на вырубках с доминированием берёзы высота подлеска существенно выше 1,8-2,3 м, чем на вырубках с преобладанием осины (1 м). Это обусловлено тем, что на вырубках с доминированием берёзы преобладают черёмуха и рябина, а на вырубках с доминированием осины - шиповник. В составе тонкомера доминирует пихта (47-74 %), затем ель (5-31 %), существенна доля кедр (6-19 %). Берёза также присутствует (3-17 %). Высота пихты 8-13 м, ели – 8-21 м, кедр – 4-9 м, берёзы – 4-9 м. Видно, что пихта и ель представлены частично тонкомером (деревьями верхнего яруса) и большая часть – вторым ярусом. Кедр и берёза более низкорослы и частично представлены крупным подростом и частично элементами 2-го яруса. Фитомасса крупного подроста и тонкомера составляет 28,8 м³/га.

Характеристика возобновления после рубки импортной техники показывает существенную разницу между вырубками разных лет давности. На более старых практически отсутствует сохранённый подрост и полностью отсутствуют сохранённый тонкомер и второй ярус, а на свежих, наоборот, эти элементы леса присутствуют в

больших количествах. Связано это с тем, что лесозаготовительное предприятие при смене техники не сразу начало применять лесосберегающую схему разработки лесосек.

Структура и динамика возобновления на нарушенных территориях в условиях более старых вырубках показывает, что на момент обследования было полное отсутствие возобновления хвойных пород, наблюдались лишь единичные экземпляры.

При этом в составе возобновления доминирует осина (80-100 %). Густота возобновления в зависимости от давности рубки колеблется от 8,5 до 45 тыс. шт./га со средней высотой 1,5-3,5 м. Подлесок достаточно густой 4-5,5 тыс. кустов на 1 га и представлен в основном черёмухой и рябиной высотой 1-1,5 м. Уже в 2009 г. были проведены пробные разработки лесосек с сохранением тонкомера и второго яруса. В составе тонкомера доминирует пихта (45 %), далее идёт ель (32 %), а также существенна доля кедра – 18 %. Кроме того, присутствует осина (5 %). Высота пихты 4,5 м, ели – 11,0 м, кедра – 10,5 м, осины – 25,0 м. Видно, что кедр и ель представлены вторым ярусом. Пихта – в основном крупным подростом, а осина – единичными деревьями верхнего яруса. Фитомасса крупного подроста и тонкомера колеблется от 10,4 до 53,7 м³/га.

Структура и динамика возобновления на свежих вырубках показывает, что на момент обследования было сохранено 1,0-3,5 тыс. шт./га подроста и 400-600 шт./га тонкомера и второго яруса. Весь подрост был предварительной генерации, то есть при сопоставлении необходимо учитывать динамику последующего возобновления как хвойных, так и лиственных пород.

При этом в составе возобновления колебание хвойных пород составляет от 3 до 38 %. По высоте существенных отличий не выявлено, и она составляет до 0,5 м, за исключением ПП № 6, где значительна доля сохранённого подроста в общем количестве возобновления, и средняя высота пока равна 2 м. По другим вырубкам такая же динамика: высота сохранённого подроста 2-4 м, а возобновление лиственных в основном по волокам с нарушением напочвенного покрова высотой до 0,5 м. Густота подлеска самая низкая из всех обследованных вырубок и составляет 0,4-1,7 тыс. кустов на 1 га. Доминируют рябина и спирея высотой 1-2 м. В составе тонкомера ведущее место принадлежит пихте (35-63 %), за ними следует ель (25-30 %), существенна доля кедра (3-30 %) и берёзы (8-27 %). Также присутствует осина (7 %). Высота пихты 3-8 м, ели - 5-9 м, кедра - 7-14 м, берёзы - 5-9 м и осины – 17 м. Видно, что темнохвойные породы и берёза представлены частично крупным подростом и большая часть вторым ярусом. Осина представлена единичными деревьями от первого яруса. Фитомасса крупного подроста и тонкомера колеблется от 8,8 до 14,1 м³/га.

Выводы

Сплошные санитарные рубки в Среднесибирском подтаежно-лесостепном районе необходимы как одна из превентивных мер санитарно-оздоровительных мероприятий в целях улучшения санитарного и лесопатологического состояния нарушенных земель, поврежденных лесными пожарами и насекомыми. Фактические характеристики различных лесных участков после осуществления СОМ в виде ССР показали, что возобновление на нарушенных участках протекает преимущественно хвойными породами, в достаточном количестве, согласно нормативным показателям Среднесибирского подтаежно-лесостепного района. После рубки импортной техникой отмечается большая сохранность подроста предварительной генерации, существенно отличаются количественные и качественные показатели более свежих от старых вырубок. Минимизация последствий существенных изменений в нарушенных насаждениях достигается санитарно-оздоровительными мероприятиями, назначенным по результатам лесопатологических обследований инструментальным способом.

Е-mail автора для переписки: zlenkolv@mail.ru

Литература

1. Об утверждении Порядка лесозащитного районирования : Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ (Минприроды России) от 9 января 2017 г. № 1., Москва : зарегистрирован в Минюсте РФ 30 января 2017 г., регистрационный N 45471 // "Официальный интернет-портал правовой информации" (www.pravo.gov.ru) 31 января 2017 г.

2. Об утверждении Порядка осуществления государственного лесопатологического мониторинга : Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 5 апреля 2017 г. № 156., Москва : зарегистрирован в Минюсте РФ 30 июня 2017 г., регистрационный N 47257 // "Официальный интернет-портал правовой информации" (www.pravo.gov.ru) 3 июля 2017 г.

3. Об утверждении Порядка проведения лесопатологических обследований и формы акта лесопатологического обследования : Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 9 ноября 2020 г. № 910., Москва : зарегистрирован в Минюсте РФ 18 декабря 2020 г., регистрационный N 61584 // "Официальный интернет-портал правовой информации" (www.pravo.gov.ru) 21 декабря 2020 г. N 0001202012210099.

4. Об утверждении Правил осуществления мероприятий по предупреждению распространения вредных организмов : Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 9 ноября 2020 г. № 912., Москва : зарегистрирован в Минюсте РФ 16 декабря 2020 г., регистрационный N 61509 // "Официальный интернет-портал правовой информации" (www.pravo.gov.ru) 17 декабря 2020 г. N 0001202012170025.

5. Об утверждении Правил ликвидации очагов вредных организмов : Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 9 ноября 2020 г. № 913., Москва : зарегистрирован в Минюсте РФ 18 декабря 2020 г., регистрационный N 61585 // "Официальный интернет-портал правовой информации" (www.pravo.gov.ru) 21 декабря 2020 г. N 0001202012210106.

6. Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах : Постановление Правительства РФ от 9 декабря 2020 г. № 2047., Москва : зарегистрирован в Минюсте РФ 18 декабря 2020 г., регистрационный N 61585 // "Официальный интернет-портал правовой информации" (www.pravo.gov.ru) 11 декабря 2020 г. N 0001202012110016, в Собрании законодательства Российской Федерации от 14 декабря 2020 г. N 50 (часть V) ст. 8244.

DOI 10.21178/160524.139

УДК 630*181.21:582.475:577.29

Свет и молекулярные основы локальной адаптации сосны и ели

© Г.В. Калько*

*Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства,
Институтский проспект, д. 21, Санкт-Петербург, 194021, Россия*

Для совершенствования методов лесовосстановления ели и сосны весьма перспективным представляется использование молекулярных маркеров генов, контролирующих такие адаптивные признаки, как сроки прохождения фенологических фаз, засухо- и морозоустойчивость. В докладе обсуждаются молекулярные механизмы местной адаптации у видов сосны и ели. Особое внимание уделено влиянию света (фотопериода и света различных спектральных характеристик) на ель обыкновенную и сосну обыкновенную, а также участию света в регуляции генов-кандидатов.

To improve methods of reforestation of spruce and pine, the use of molecular markers of genes that control such adaptive traits as the timing of phenological phases passing, drought and frost resistance appears to be highly promising. The report discusses the molecular mechanisms of local adaptation in pine and spruce species. Particular attention is paid to the influence of light (photoperiod and light of different spectral characteristics) on Norway spruce and Scots pine, as well as the involvement of light in the regulation of candidate genes.

В адаптации растений к окружающей среде кардинальное значение имеет свет, который служит источником энергии, а также информационным сигналом, позволяющим корректировать их рост и развитие [13].

Фоторецепторы. Свет воспринимается фоторецепторами, которые наиболее изучены у модельных растений. В таблице перечислены спектральные характеристики воспринимаемого света, фоторецепторы арабидопсиса, и некоторые гены, в регуляции которых они принимают участие. Как видно из таблицы, фитохромы арабидопсиса *phyA* и *phyB* влияют на экспрессию ряда генов, причем некоторые из них регулируются одним из фитохромов А или В, на экспрессию других воздействуют оба рецептора. Кроме того существуют гены, регулируемые как фитохромами, так и криптохромами (таблица, [3]).

Фитохромы, как недавно было показано, вовлечены в регуляцию очень многих (нескольких тысяч) генов [5]. Было выявлено, что фитохромы являются не только фоторецепторами, но и термосенсорами [14]. Известно, что фитохромы регулируют транскрипцию светочувствительных генов, модулируя активность нескольких факторов транскрипции [22]. Кроме того, было показано, что и *phyA*, и *phyB* могут напрямую связываться с промоторами регулируемых генов [14, 22]. Другой механизм регуляции с помощью фитохромов представляет собой выбор в генах альтернативных промоторов в зависимости от светового режима [25]. Еще одним способом регуляции служит альтернативный сплайсинг транскриптов более тысячи генов [22].

В отличие от покрытосеменных растений, обладающих пятью фитохромами, виды голосеменных имеют два-четыре типа этих фоторецепторов. У видов семейства сосновых выявлено 3 типа фитохромов [21]. Интересно, что в генах ели европейской *Pa PhyP*

(гомолог гена *phyB* арабидопсиса), *Pa PhyN* [6] и *Pa phyO* (гомолог *At phyA*) [19] были обнаружены нуклеотидные полиморфизмы с широтной клинальностью в распределении частот в шведских популяциях. М.Р. Garcia Gil и соавторы [10], изучая сосну обыкновенную, напротив, пришли к выводу об однородности генов фитохромов *phyP* и *phyO* на аминокислотном уровне в двух финских и одной испанской популяциях. Наши исследования в Ленинградской области подтвердили выявленные особенности нуклеотидного разнообразия генов *phyO* ели и сосны. Нами в этом гене в культурах ели европейской в Гатчинском районе был обнаружен тот же значимый SNP [2], для которого в шведских популяциях ели европейской был выявлен самый крутой широтный клин [19]. Нуклеотидных полиморфизмов в гене *phyO* в культурах сосны обыкновенной нами не найдено [2].

Таблица

Фоторецепторы арабидопсиса и гены, экспрессию которых они контролируют

Фоторецепторы	Спектральные характеристики абсорбируемого света	Взаимодействие с генами			Источник
Фитохром А (<i>phyA</i>)	R/FR	<i>FHY1</i> , <i>FHY3</i> , <i>SPA1</i> , <i>FIN2</i> , <i>FIN219</i> , <i>FAR1</i>	<i>PEF1</i> , <i>PSI2</i> , <i>PIF3</i> , <i>NDPK2</i> , <i>HY5</i> , <i>Elip</i>	<i>COP1</i> , <i>DET1</i> , <i>COP9</i> , <i>COP10</i> , <i>SHL</i> (негативные регуляторы морфогенеза в темноте)	[3, 7]
Фитохром В (<i>phyB</i>)	R/FR	<i>RED1</i> , <i>PEF2</i> , <i>PEF3</i> , <i>PKS1</i> , <i>ATHB-2</i>			[3, 7]
Криптохромы (<i>cry1</i> и <i>cry2</i>)	B/UV-A/UV-B				[3, 17]
Фототропины (<i>NPH</i> и <i>NPL1</i>)	B/UV-A/UV-B				[3, 16]
Каротиноиды	B/UV-A/UV-B				[3]
<i>ZEITLUPE (ZTL)</i>	B/UV-A	<i>CHLH</i> , <i>TOC1</i> , <i>PRR5</i> , <i>GIGANTEA (GI)</i>			[24, 28]
<i>UVR8 (UV RESISTANCE LOCUS 8)</i>	UV-B	<i>COP1</i>			[1, 20]

Примечание. R – красный свет, FR – дальний красный свет, B – синий свет, UV-A – ультрафиолет А с длиной волны 320-400 нм, UV-B – ультрафиолет В с длиной волны 280-320 нм.

Y. Yu [28] и соавторы на основе экспериментальных данных, полученных на мутантах арабидопсиса, предположили, что ген фоторецептора *ZTL* регулирует экспрессию *CHLH* (субъединица Mg-хелатазы Н/предполагаемый рецептор гормона абсцизовой кислоты (ABA)) опосредовано с помощью гена *TOC1* (компонент циркадных часов).

В целом, сигналы от всех видов фоторецепторов растений поступают на основные компоненты трех крупных регуляторных модулей: репрессора фотоморфогенеза *COP1*, активатора фотоморфогенеза *HY5* и системных интеграторов *PIFs* (рис.) [1].

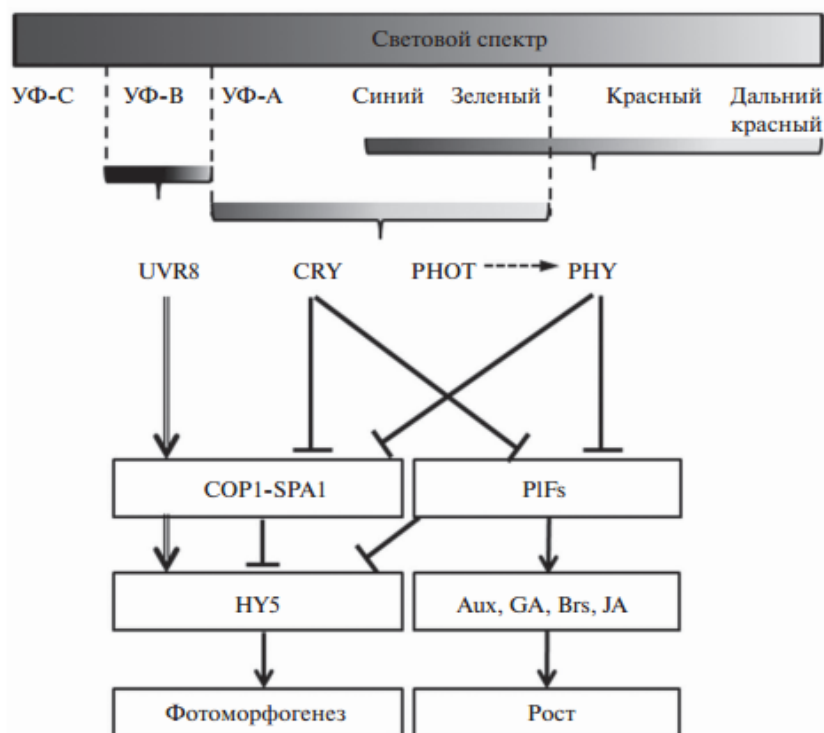


Рис. Упрощенная схема восприятия сигналов, поступающих от фоторецепторов, активируемых светом различных областей спектра, у *Arabidopsis thaliana*. Стрелками показаны активирующие и ингибирующие взаимодействия. Двойной стрелкой показано прямое взаимодействие UVR8 с COP1 и вызванный ответ. Штриховой стрелкой обозначены взаимодействия фитотропинового и фитохромного сигналинга. Aux – ауксины; GA – гиббереллины; Brs – brassinостероиды; JA – жасмонаты [1].

Циркадные часы

Центральным элементом восприятия фотопериода являются эндогенные циркадные часы. Они управляются фотопериодическими сигналами и имеют период автономного хода в 24 часа. Часы состоят из различных белков, участвующих во взаимосвязанных петлях транскрипционно-трансляционной обратной связи. Они оптимизируют ритмические эндогенные процессы, такие как экспрессия генов, способствуя подстройке физиологических реакций к фотопериодическими сигналам [11].

Хотя циркадный ритм является самоподдерживающимся, для синхронизации часов с окружающей средой необходимы ежедневные циклы света и темноты и колебания температуры. Эти внешние факторы регулируют транскрипцию нескольких основных генов часов [4].

Красный/дальний красный свет (R/FR), получаемый фитохромом А (*phyA*), участвует в подстройке циркадных часов. Фитохром *phyA* также поддерживает стабильность циркадно-регулируемой экспрессии гена *CONSTANS* (*CO*) [8].

Циркадные часы голосеменных изучены хуже, чем у модельных растений, в связи с отсутствием хорошо аннотированных геномов. N. Gyllenstand и соавторы [12] идентифицировали гены циркадных часов *Picea abies*, гомологичные генам покрытосеменных растений. В результате множественных выравниваний было выявлено, что последовательности ключевых генов циркадных часов консервативны у покрытосеменных и голосеменных растений. Тем не менее, для большинства семейств генов у *P. abies* было обнаружено меньшее число генов-гомологов.

В адаптации к условиям климата у сосны и ели, как и других деревьев умеренной зоны, ключевым является момент осенней остановки роста побегов и закладки почек.

Установлено, что адаптация хвойных к условиям среды может быть связана как с полиморфизмом последовательности ДНК [6, 15], так и регуляцией экспрессии генов, как с помощью транскрипционных факторов, так и эпигенетически [4, 27].

Открытие у деревьев генов-гомологов регуляции цветения покрытосеменных растений *FLOWERING LOCUS T (FT)* и *CONSTANS (CO)* и регуляторного модуля *CO/FT*, контролирующего смену фенологических фаз, считают главным прорывом в понимании опосредованной фотопериодом регуляции рецептором *phyA* прекращения роста побегов и индукции закладки почек [8].

Взаимодействие *CO/FT* объясняется моделью внешнего совпадения, важную роль в которой играет свет. Во время длинных дней (LDs) пик экспрессии гена *CO* совпадает со светлым временем суток (фаза совпадения). На свету белок *CO* стабилен и может активировать экспрессию гена *ЦВЕТУЩЕГО ЛОКУСА Т (FLOWERING LOCUS T (FT))*, запуская процессы, ведущие к цветению. В короткие дни (SDs) пик экспрессии *CO* приходится на темноту (нет совпадения световой фазы и экспрессии гена *CO*). В темноте белок *CO* разрушается и, следовательно, не может индуцировать экспрессию *FT* и дальнейшие процессы, ведущие к цветению арабидопсиса [23].

Свет различных спектральных характеристик влияет и на пути гормонов. На основе анализа транскриптома ели европейской и сосны обыкновенной показана вовлеченность путей биосинтеза ауксина/индол-3-уксусной кислоты (AUX/IAA), брассиностероида, этилена, гиббереллина (GA), жасмоновой кислоты (JA) и салицилловой кислоты (SA) в реакции на затенение у хвойных пород [18].

Способы регуляции закладки почек у деревьев могут быть различными. Например, на осине получены данные, что гибберелин может участвовать в фотопериодическом контроле прекращения роста побегов, возможно, независимо от пути *CO/FT* [9].

В механизмы локальной адаптации, вероятно, вовлечены гены семейства дегидринов. У ели европейской дегидрины, по всей видимости, способствуют морозоустойчивости почек, поскольку было выявлено видимое снижение уровня транскриптов большинства генов *dhn* по мере распускания почек. Отмечено также значительное снижение уровня белков дегидринов в хвое во время экспериментальной индукции распускания почек осенью [26].

Дегидрины делятся на пять различных классов, которые, как полагают, регулируются по-разному. В частности, промоторы дегидринов SK n и Y n SK n содержат мотивы, соответствующие реакции на свет, а также связанные с холодом/обезвоживанием и абсцизовой кислотой [29].

Таким образом, в многочисленных исследованиях показано влияние световых сигналов на регуляторные сети, определяющие локальную адаптацию растений, в том числе хвойных. Актуальность отбора генов-кандидатов, вовлеченных в механизмы адаптации к холоду, засухе и времени наступления фенологических фаз, у лесообразующих древесных пород умеренных широт становится особенно высокой для селекции и управления лесами в связи с глобальным потеплением климата.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Федерального агентства лесного хозяйства от 15.01.2024 № 053-00012-24-00 по теме «Молекулярное маркирование генов, контролирующих адаптивные признаки ели и сосны, для использования при планировании лесных культур в условиях меняющегося климата».

*E-mail автора для переписки: gkalko@spb-niilh.ru

Литература

1. Войцеховская, О.В. Фитохромы и другие (фото) рецепторы информации у растений / О.В. Войцеховская // Физиология растений. – 2019. – Т. 66, № 3. – С. 163–177.

2. Каржаев, Д.С. Полиморфизм в генах, контролирующих адаптивные признаки сосны и ели / Д.С. Каржаев, С.С. Баранова, Н.А. Павлов, Г.В. Калько // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2023. – № 4. – С. 26–39.
3. Цыганкова, В.А. Генетический и эпигенетический контроль роста и развития растений. Гены фотоморфогенеза и регуляция их экспрессии светом / В.А. Цыганкова, Л.А. Галкина, Л.И. Мусатенко, К.М. Сытник // Биополимеры и клетка. – 2004. – Т. 20, № 6. – С. 451–471.
4. Alakärppä, E. Natural variation of DNA methylation and gene expression may determine local adaptations of Scots pine populations / E. Alakärppä, H.M. Salo, L. Valledor, M.J. Cañal, H. Häggman, J. Vuosku // J. Exp. Bot. – 2018. – Vol. 69, no 21. – P. 5293–5305.
5. Chen, F. *Arabidopsis* phytochrome A directly targets numerous promoters for individualized modulation of genes in a wide range of pathways / F. Chen, B. Li, G. Li, J.B. Charron, M. Dai, X. Shi, X.W. Deng // Plant Cell. – 2014. – Vol. 26. – P. 1949–1966.
6. Chen, J. Disentangling the roles of history and local selection in shaping clinal variation of allele frequencies and gene expression in Norway spruce (*Picea abies*) / J. Chen, T. Källman, X. Ma, N. Gyllenstrand, G. Zaina, M. Morgante, J. Bousquet, A. Eckert, J. Wegrzyn, D. Neale, U. Lagercrantz, M. Lascoux // Genetics. – 2012. – Vol. 191 (3). – P. 865–881.
7. Clack, T. The phytochrome apoprotein family in *Arabidopsis* is encoded by five genes: the sequences and expression of PHYD and PHYE / T. Clack, S. Mathews, R.A. Sharrock // Plant Molecular Biology. – 1994. – Vol. 25. – P. 413–427.
8. Cooke, J.E. The dynamic nature of bud dormancy in trees: environmental control and molecular mechanisms / J.E. Cooke, M.E. Eriksson, O. Junttila // Plant Cell Environ. – 2012. – Vol. 35, no 10. – P. 1707–1728.
9. Eriksson, M.E. Transgenic hybrid aspen trees with increased gibberellin (GA) concentrations suggest that GA acts in parallel with *FLOWERING LOCUS T2* to control shoot elongation / M.E. Eriksson, D. Hoffman, M. Kaduk, M. Mauriat, T. Moritz // New Phytol. – 2015. – Vol. 205, no 3. – P. 1288–1295.
10. García-Gil, M.R. (2003). Nucleotide diversity at two phytochrome loci along a latitudinal cline in *Pinus sylvestris* / M.R. García-Gil, M. Mikkonen, O. Savolainen // Molecular ecology. – Vol. 12 (5). – P. 1195–1206.
11. Greenham, K. Integrating circadian dynamics with physiological processes in plants / K. Greenham, C.R. McClung // Nat Rev Genet. – 2015. – Vol. 16, no 10. – P. 598–610.
12. Gyllenstrand, N. No time for spruce: rapid dampening of circadian rhythms in *Picea abies* (L. Karst) / N. Gyllenstrand, A. Karlgren, D. Clapham, K. Holm, A. Hall, P.D. Gould, T. Källman, U. Lagercrantz // Plant Cell Physiol. – 2014. – Vol. 55, no 3. – P. 535–550.
13. Han, X. Origin and Evolution of Core Components Responsible for Monitoring Light Environment Changes during Plant Terrestrialization / X. Han, X. Chang, Z. Zhang, H. Chen, H. He, B. Zhong, X.W. Deng // Mol Plant. – 2019. – Vol. 12(6). – P. 847–862.
14. Jung J.H. Phytochromes function as thermosensors in *Arabidopsis* / J. H.Jung, M. Domijan, C. Klose, S. Biswas, D. Ezer, M. Gao, A.K. Khattak, M.S. Box, V. Charoensawan, S. Cortijo, M. Kumar, A. Grant, J.C. Locke, E. Schäfer, K.E. Jaeger, P.A. Wigge // Science. – 2016. – Vol. 354. – P. 886–889.
15. Kujala, S.T. Sequence variation patterns along a latitudinal cline in Scots pine (*Pinus sylvestris*): signs of clinal adaptation? / S.T. Kujala, O. Savolainen // Tree Genetics & Genomes. – 2012. – Vol. 8. – P. 1451–1467
16. Más, P. Functional interaction of phytochrome B and cryptochrome 2 / P. Más, P.F. Devlin, S. Panda, S.A. Kay // Nature. – 2000. – Vol. 408, No 6809. – P. 207–211.
17. Neff, M.M. Genetic interactions between phytochrome A, phytochrome B, and cryptochrome 1 during *Arabidopsis* development / M.M. Neff, J. Chory // Plant physiology. – 1998. – Vol. 118 (1). – P. 27–35.
18. Ranade, S.S. Transcriptome analysis of shade avoidance and shade tolerance in conifers / S.S. Ranade, N. Delhomme, M.R. García-Gil // Planta. – 2019. – Vol. 250, no 1. – P. 299–318.
19. Ranade, S. Clinal variation in PHY (PAS domain) and CRY (CCT domain) – Signs of local adaptation to light quality in Norway spruce / S. Ranade, M.R. García Gil // Plant, Cell & Environment. – 2023. – Vol. 46. – P. 10.1111/pce.14638.
20. Rizzini, L. Perception of UV-B by the *Arabidopsis* UVR8 protein / L. Rizzini, J.J. Favory, C. Cloix, D. Faggionato, A. O'Hara, E. Kaiserli, R. Baumeister, E. Schafer, F. Nagy, G.I. Jenkins, R. Ulm // Science. – 2011. – Vol. 332. – P. 103–106.

21. Schmidt, M. The evolution of gymnosperms redrawn by phytochrome genes: the Gnetatae appear at the base of the gymnosperms / M. Schmidt, H.A. Schneider-Poetsch // *Journal of Molecular Evolution*. – 2002. – Vol. 54, no 6. – P. 715–724.
22. Shikata, H. Phytochrome controls alternative splicing to mediate light responses in *Arabidopsis* / H. Shikata, K. Hanada, T. Ushijima, M. Nakashima, Y. Suzuki, T. Matsushita // *Proc Natl Acad Sci U S A*. – 2014. – Vol. 111 (52). – P. 18781–18786
23. Singh, R.K. Photoperiod- and temperature-mediated control of phenology in trees - a molecular perspective / R.K. Singh, T. Svystun, B. AlDahmash, A.M. Jönsson, R.P. Bhalerao // *New Phytol.* – 2017. – Vol. 213 (2). – P. 511–524.
24. Somers, D.E. *ZEITLUPE* encodes a novel clock-associated PAS protein from *Arabidopsis* / D.E. Somers, T.F. Schultz, M. Milnamow, S.A. Kay // *Cell*. – 2000. – Vol. 101, no 3. – P. 319–329.
25. Ushijima, T. Light controls protein localization through phytochromemediated alternative promoter selection / T. Ushijima, K. Hanada, E. Gotoh, W. Yamori, Y. Kodama, H. Tanaka, M. Kusano, A. Fukushima, M. Tokizawa, Y.Y. Yamamoto, Y. Tada, Y. Suzuki, T. Matsushita // *Cell*. – 2017. – Vol. 171. – P. 1316–1325.
26. Yakovlev, I.A. Dehydrins expression related to timing of bud burst in Norway spruce / I.A. Yakovlev, D.K. Asante, C.G. Fossdal, J. Partanen, O. Junttila, Ø. Johnsen // *Planta*. – 2008. – Vol. 228. – P. 459–472.
27. Yakovlev, I.A. Differential gene expression related to an epigenetic memory affecting climatic adaptation in Norway spruce / I.A. Yakovlev, D.K. Asante, C.G. Fossdal, O. Junttila, Ø. Johnsen. // *Plant Sci.* – 2011. – Vol. 180, no 1. – P. 132–139.
28. Yu, Y. The key clock component *ZEITLUPE* (*ZTL*) negatively regulates ABA signaling by degradation of *CHLH* in *Arabidopsis* / Y. Yu, S. Portolés, Y. Ren, G. Sun, X.F. Wang, H. Zhang, S. Guo // *Front Plant Sci.* – 2022. – Vol. 13. – P. 995907.
29. Zolotarov, Y. De novo regulatory motif discovery identifies significant motifs in promoters of five classes of plant dehydrin genes / Y. Zolotarov, M. Strömviik // *PLoS One*. – 2015. – Vol. 10(6). – P. e0129016.

DOI 10.21178/160524.145

УДК 630

Проблемы оценки качества лесотаксационной информации при осуществлении контроля лесоустроительных работ

© Д.Ю. Капиталинин*

*Департамент лесного хозяйства по Центральному федеральному округу,
ул. Институтская, 15, Пушкино, Московская область, 141202, Россия*

В работе приведены исследования по использованию данных спутниковой съемки с аппаратов Sentinel-2, Канопус-В в определении на основе спектрально отражательных характеристик насаждений ошибок таксации по запасу, относительной полноте, преобладающей породе. Экспериментальные работы выполнены на территории Костромской, области. Результаты проведенных исследований показывают возможность разработки программного обеспечения по проверке материалов лесоустройства с учетом данных мультиспектральной спутниковой съемки с космических аппаратов.

The paper covers studies of Sentinel-2 and Canopus-B imagery applications to define forest inventory errors in growing stock and prevailing species relative density based on forest spectral reflectance characteristics. Experimental operations were done in the Kostroma region territory. The study findings show that there is an opportunity to develop software to check forest inventory materials taking into account data of multispectral satellite imagery from space units.

Периоды становления лесоустройства

Отечественное лесоустройство имеет давнюю и богатую историю, его возникновение, становление и развитие шло трудным путем. Ретроспективный анализ литературы свидетельствует, что в его историческом развитии выделяются четыре взаимодополняющих периода:

- 1) Период возникновения (рубеж XVII-XVIII в. – 30-40-е гг. XIX в.);
- 2) Дореволюционный период (40-е гг. XIX в. – 1917 г.);
- 3) Советский период (середина 20-х гг. – 90-е гг. XX в.);
- 4) Российский период (90-е гг. XX в. – по настоящее время).

На основе ретроспективного анализа специальной литературы и нормативно-правовой документации, можно выделить четыре исторических периода в его развитии.

1) Период возникновения и становления отечественного лесоустройства с использованием наземных методов исследования лесов (рубеж XVII-XVIII в. – 20-е гг. XIX в.).

2) Период внедрения в государственное лесоустройство методов дистанционного зондирования земли с применением процесса аэрофотосъемки и дешифрирования полученных снимков (20-е – 60-е гг. XX в.).

3) Период внедрения в государственное лесоустройство космической съемки и геоинформационных систем (60-е – 2000-е гг. XX в.).

4) Период современного развития лесоустройства с широкомасштабным использованием методов дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) и геоинформационных систем (ГИС) (2000-е гг. XX в. – по наше время).

Нормативно-правовое регулирование проведения лесоустройства и приемки работ

Современный период лесоустройства берет свое начало в эпоху больших государственных перемен, при переходе страны к рыночной экономике.

В начале этого периода государственных реформ лесоустроительные предприятия самостоятельно принимали решения об использовании возможностей дистанционного зондирования земли и геоинформационных систем в производственном процессе.

Основными нормативно-правовыми актами для проведения лесоустроительных работ являются Лесной кодекс РФ, а также Лесоустроительная инструкция.

С учетом ст. 68 Лесного кодекса в период с 2007 года лесоустройство включает в себя комплекс следующих работ:

- проектирование лесничеств;
- проектирование эксплуатационных лесов, защитных лесов, резервных лесов, а также особо защитных участков лесов;
- закрепление на местности местоположения границ лесничеств, участковых лесничеств и земель, на которых расположены эксплуатационные леса, защитные леса, резервные леса, а также особо защитные участки лесов;
- таксацию лесов;
- проектирование мероприятий по сохранению лесов.

Данные виды работ были разделены по полномочиям на федеральный (проектирование лесничеств; проектирование эксплуатационных лесов, защитных лесов, резервных лесов, а также особо защитных участков лесов) и региональный (закрепление на местности местоположения границ лесничеств...; таксацию лесов; проектирование мероприятий по сохранению лесов) уровни.

Таким образом, произошел разрыв в целостности проведения лесоустроительных работ, что зачастую приводило к несвоевременному вводу в действия лесоустроительной документации и последующему не своевременному проведению лесохозяйственных и лесозаготовительных работ.

В 2021 г. принято решение о возвращении к федерализации отечественного лесоустройства. Начиная с 2022 г., ФГБУ «Рослесинфорг» вновь, действуя в рамках госзаказа «Рослесхоза», осуществляет полный цикл лесоустройства.

При переходе на полный цикл лесоустройства появилась необходимость к оценки качества лесотаксационной информации при осуществлении контроля лесоустроительных работ. Так если ранее основные объемы работ принимались на региональном уровне, с достаточной командой из числа работников лесничеств, то теперь данную работу необходимо осуществлять ограниченным штатом из числа сотрудников Рослесхоза и его территориальных органов – Департаментов по федеральным округам (далее - Департамент).

В настоящее время порядок организации и проведения Департаментами лесоустроительных совещаний, коллективных (индивидуальных) тренировок, контроля качества проведения лесоустройства и качества подготовки лесоустроительной документации, а также утверждения лесоустроительной документации в отношении мероприятий по таксации лесов, проектированию мероприятий по сохранению лесов, проектированию лесничеств, а также порядок взаимодействия с заинтересованными лицами при их проведении в отношении объектов лесоустройства, расположенных на землях лесного фонда, определен Регламентом организации и проведения лесоустроительных совещаний, коллективных (индивидуальных) тренировок, контроля

качества проведения лесоустройства и качества подготовки лесоустроительной документации, а также утверждения лесоустроительной документации в отношении мероприятий по таксации лесов, проектированию мероприятий по сохранению лесов, проектированию лесничеств, утвержденным Приказом Рослесхоза от 26.02.2024 г. № 102.

Проблемы контроля качества при приёмке лесоустройства

Для оценки качества лесотаксационной информации при осуществлении контроля лесоустроительных работ Департамент проводит по каждому объекту лесоустройства оценку не более 20-30 лесотаксационных выделов (согласно пункту 16 Регламента, а также пункту 319 Лесоустроительной инструкции), что является крайне незначительной. Однако, увеличение объёмов проверки приведёт к её невозможности ввиду отсутствия в необходимом объёме числа специалистов в штате Департамента.

Так по Центральному федеральному округу (далее - ЦФО) ФГБУ «Рослесинфорг» в 2017 году было проведено полевых лесоустроительных работ в объёме более 1,2 млн. га, приёмку которых осуществляло 9 региональных органов исполнительной власти в области лесных отношений и их подведомственных структур. В 2023 году, в соответствие с планом проведения лесоустройства, на территории ЦФО ФГБУ «Рослесинфорг» было проведено полевых лесоустроительных работ в объёме более 112 тыс. га, что значительно ниже, однако и приёмку работ осуществляли только 5 сотрудников Департамента по ЦФО.

Таким образом, с целью повышения контроля качества лесотаксационной информации, объективного подбора объектов проверки (лесотаксационных выделов), необходимо по возможности внедрять предварительную оценку несоответствий с помощью ДЗЗ и программных продуктов на основе искусственного интеллекта, чтобы в последующем осуществлять выход в природу.

Разработка технологии контроля материалов лесоустройства по данным ДЗЗ

Ранее проведенные исследования отделом лесоводства и лесоустройства ФБУ ВНИИЛМ совместно со специалистами Департамента по ЦФО на территории Костромской области показали возможность использования данных спутниковой съемки с аппаратов Sentinel-2, Канопус-В в определении на основе спектрально отражательных характеристик насаждений ошибок таксации по запасу, относительной полноте, преобладающей породе. При проведении исследований использовались алгоритмы машинного обучения на базе множественной полиномиальной регрессии. В работе представлены результаты исследований по данным спутниковой съемки с аппарата Sentinel-2. На начальном этапе формировалась база данных по новым материалам лесоустройства в количестве 170 участков. С использованием программного обеспечения Envi 5.2 проводилась получение их спектрально-отражательных характеристик, в случае значительного разнообразия участка в пределах выдела по спектральным характеристикам подбирались другие участки. Важным условием являлся подбор участков разнообразных по возрасту, полноте, породному составу, происхождению. В результате проведенной работы удалось получить базу данных различных участков с учетом их таксационных показателей и спектрально-отражательных характеристик. Дальнейший анализ осуществлялся в программном пакете Statistica 13.

Проверка данных лесоустройства заключалась в построении модели полиномиальной регрессии по запасу (рис. 1) и определении участков, отличающихся от прогнозного показателя запаса по модели.

Уравнение модели полиномиальной регрессии можно представить в виде:

$$M = 322.576835496 + 2487.45483799*b_2 - 34791.2249036*b_2^2 - 17567.9589871*b_3 + 102489.922656*b_3^2 + 9126.4149755*b_4 - 62475.6975721*b_4^2 + 1023.63722797*b_8 + 4206.33827018*b_8^2$$

где M – запас насаждения в куб. м;
b1-b2 – каналы спутниковой съемки Sentinel-2.

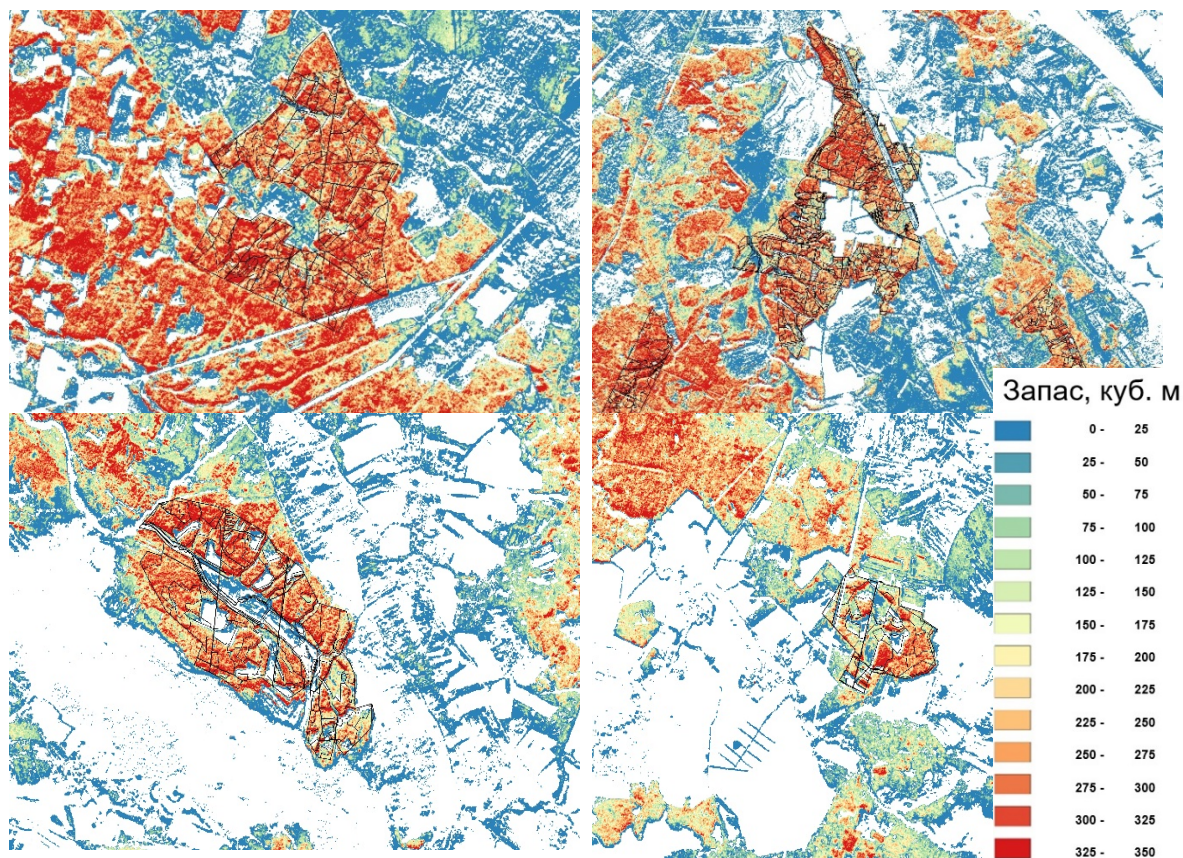


Рис. 1. Определение запаса насаждения по модели полиномиальной регрессии

Контроль данных лесоустройства осуществлялся по статистическому методу, то есть точки, которые отклонялись от прогнозных значений модели за пределы 2 сигм (за пределами 95 % вероятности прогноза) считались ошибками по исследуемому показателю.

Данный подход позволил определить объекты с ошибками лесоустройства по запасу насаждения. Результаты исследований были интегрированы в картографический материал с целью пространственного понимания расположения выделов с ошибками лесоустройства (рис. 2).

Помимо картографического материала по показателям расхождения запаса насаждений с данными таксации была сформирована база данных участков с ошибками. Реализация представленной концепции проверки данных таксации возможна также по установленным требованиям в Лесоустроительной инструкции с выделением ошибки по запасу, превышающей более 20 % от данных таксации. Этот этап планируется осуществить в последующих исследованиях.

Сходные результаты были получены по относительной полноте (рис. 3) и преобладающей породе насаждений (рис. 4). Результаты проведенных исследований по относительной полноте и преобладающей породе показывают сходные результаты. Многие участки, выявленные с ошибками таксации, повторяются по нескольким показателям, что подтверждает правильность метода анализа материалов.

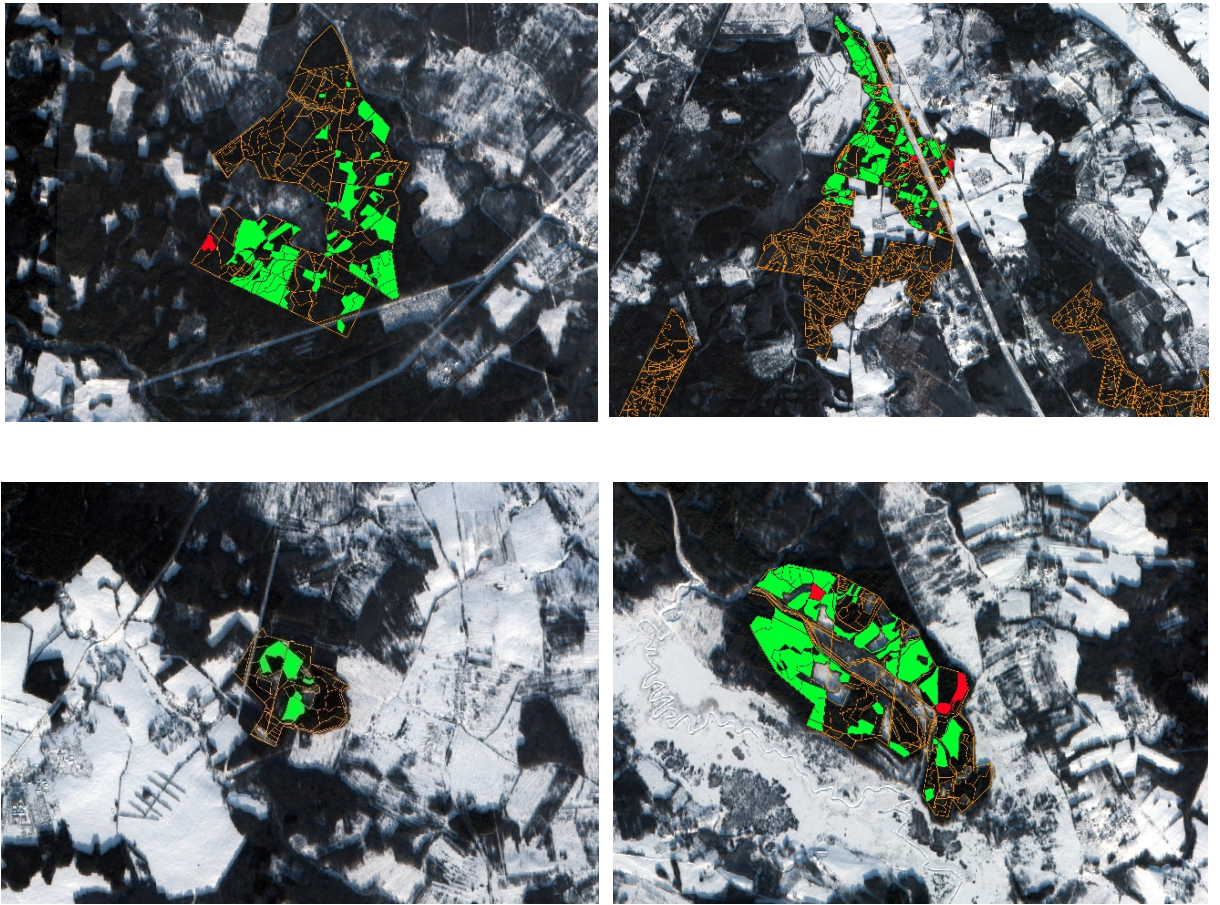


Рис. 2. Определение участков с ошибками таксации по запасу насаждений на основе модели полиномиальной регрессии

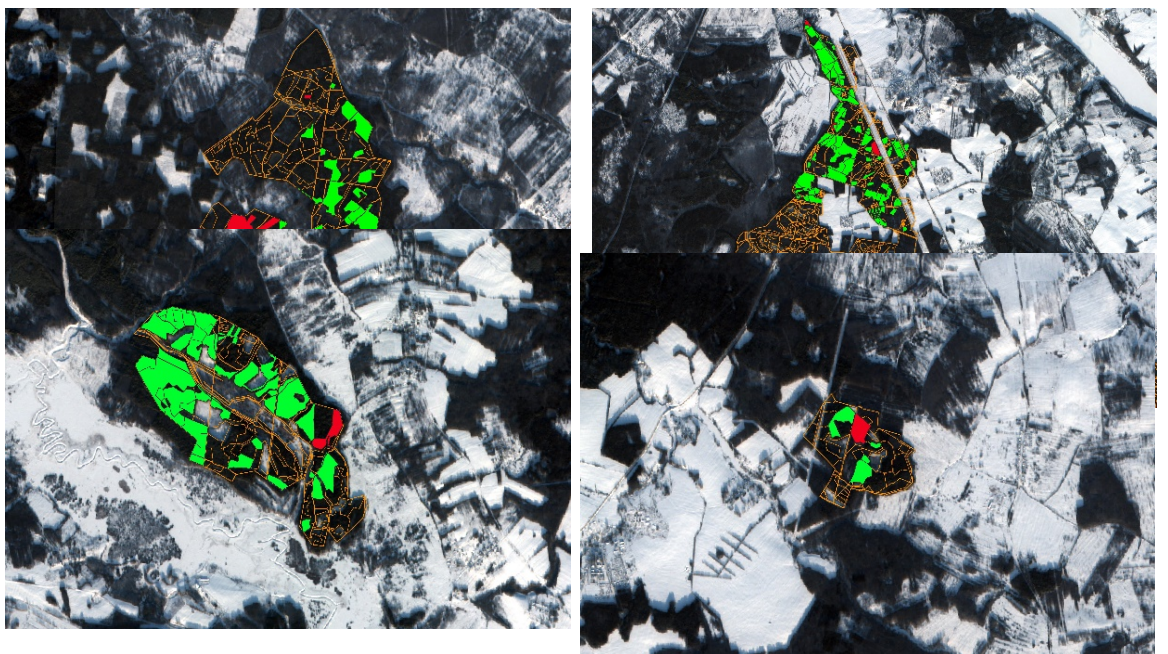


Рис. 3. Определение участков с ошибками таксации по относительной полноте насаждений на основе данных модели полиномиальной регрессии

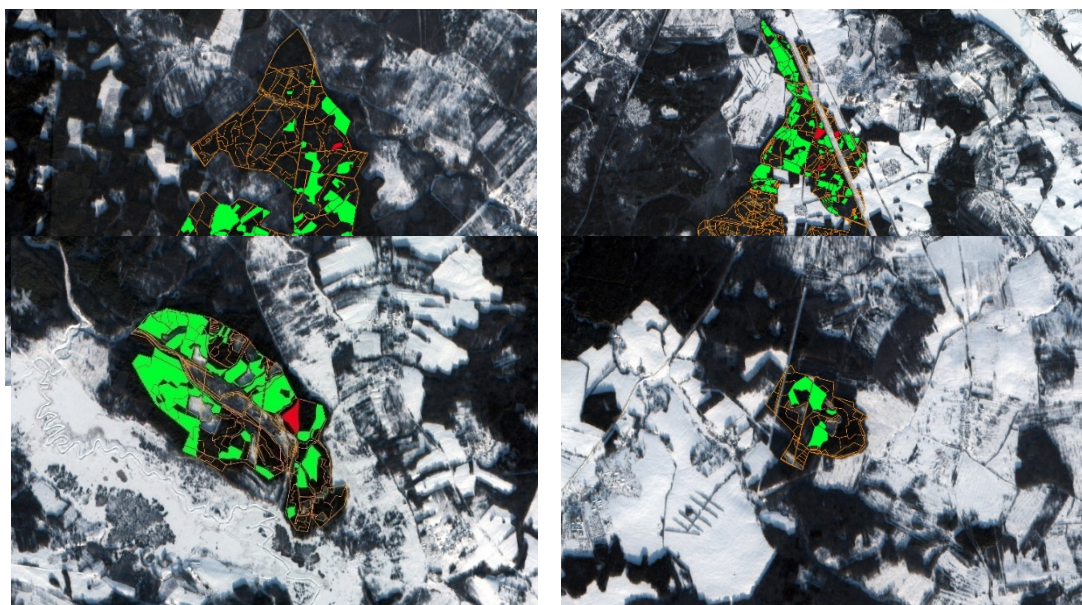


Рис. 4. Определение участков с ошибками таксации по преобладающей породе насаждений на основе данных модели полиномиальной регрессии

Выводы

Результаты проведенных исследований показывают возможность разработки программного обеспечения по проверке материалов лесоустройства с учетом данных мультиспектральной спутниковой съемки как с иностранных, так и отечественных космических аппаратов. На основе примененных в исследованиях алгоритмов машинного обучения, возможна разработка автоматизированных систем анализа первичных данных лесоустройства по данным съемки высокого и среднего пространственного разрешения, выявление участков, отличающихся от установленных критериев и требований по запасу, относительной полноте и преобладающей породе насаждений. Применяемые технологии позволят точно определить объекты контроля. В практическом плане, до проведения полевых работ, на основе предлагаемых технологий уже проводится проверка материалов лесоустройства. Обозначенные задачи в будущем планируется решать совместно с АО РКС на основе данных с отечественных космических аппаратов оптической съемки Канопус-В, Ресурс П4, а также радиолокационной съемки Кондор-ФКА.

*E-mail автора для переписки: *kapitalinin.d@yandex.ru*

DOI 10.21178/160524.151

УДК 575.224.46

Стерильность осины, индуцированная нокаутом гена цветения *LEAFY*

© Д.С. Каржаев^{1,2}, В.В. Нестерчук¹, Е.Д. Сафронычева^{1,2,3}, В.А. Волков^{1,2},
Д.А. Шабунин^{1,2}, Е.К. Потокина^{1,2}

¹Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства,
194021, Санкт-Петербург, Институтский пр., д. 21;

²Санкт-Петербургский лесотехнический университет, 194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5

³Университет ИТМО, 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49

Данный проект направлен на создание стерильной осины методом геномного редактирования. Полученные растения будут использованы для производства клонов используемых в последующих экспериментах. В ходе проекта было проведено редактирование гена цветения *LEAFY* биобаллистическим методом. События успешного редактирования были выявлены с помощью высокопроизводительного секвенирования, а после подтверждены секвенированием по Сэнгеру.

This project is aimed at creating a sterile aspen through genomic editing. The plants obtained will be used for the production of clones used in subsequent experiments. During the project, the *LEAFY* flowering gene was edited using the biolistic method. Events of successful editing were identified through high-throughput sequencing, and subsequently confirmed by Sanger sequencing.

Осина является одной из наиболее быстрорастущих древесных пород. Высокий природный потенциал делает осину перспективным объектом для улучшения ценных хозяйственных качеств методами геномной инженерии. На текущий момент проведены опыты по созданию осин с улучшенными хозяйственными качествами с помощью геномной модификации. Выращивание генетически модифицированных растений в открытом грунте несет серьезные опасности, из-за того что такие растения содержат чужеродную ДНК и их влияние на экосистему трудно оценить. Одним из наибольших опасений является перенос трансгенов в дикие популяции в результате переопыления. Данная проблема частично можно разрешить, используя другой биотехнологический метод - геномное редактирование. При использовании данного метода можно добиться схожих результатов, не внося трансгенных мутаций.

Для разрешения этой проблемы нашим коллективом были проведены эксперименты по редактированию гена *LEAFY*, терминирующего закладку генеративной меристемы у осины, с целью его нокаута. Для проведения экспериментов была использована клоновая линия f8 из коллекции СПбНИИЛХ, обладающая высокой скоростью роста и тотипотентностью. Для редактирования были сконструированы 2 гидовых последовательности, нацеленные на 5'-UTR область и первый экзон гена. Гидовые последовательности лигировались в вектор pUC57 expression vector, после чего вектор трансформировался в *E.coli*. Плазмидная ДНК использовалась в качестве матрицы для синтеза гидовой РНК (гРНК). Редактирование проводили рибонуклеопротеиновым

комплексом (РНП) состоящим из гРНК и белка Cas9. Полученный РНП доставляли в каллусные культуры осины с помощью биобаллистического метода.

В ходе экспериментов было обстреляно более 600 каллусов осины. Из обстрелянных каллусов были выращены растения в культуре *in vitro*. Для нахождения событий успешного мутагенеза среди коллекции растений, был проведен анализ целевого локуса с помощью высокопроизводительного секвенирования. В результате секвенирования были выявлены 11 растений несущих мутацию в целевом сайте. Впоследствии результаты были подтверждены секвенирования по Сэнгеру. В настоящий момент отредактированные растения высажены *ex vitro*. Данные растения имеют нарушенную структуру гена *LEAFY* и отвечающего за формирование генеративной меристемы. В результате экспериментов была получена, стерильная клоновая линия осин для дальнейших экспериментов по редактированию, которую можно безопасно выращивать в открытом грунте.

Наше исследование является первым шагом в эксперименте по созданию улучшенных осин с помощью методов геномного редактирования. В настоящий момент данные растения используются для производства клонов, в экспериментах по созданию осины с повышенным секвестрационным потенциалом методом геномного редактирования.

Исследование выполнено за счет средств федерального бюджета в рамках государственного задания ФБУ «СПбНИИЛХ» № 053-00011-23-00.

*E-mail автора для переписки: karzhaevd@gmail.com

DOI 10.21178/160524.153

УДК 331:630

Повышение эффективности использования трудового потенциала лесной отрасли как фактор её устойчивого развития

© Е.А. Козлова*

*Центр экономических исследований и стратегического планирования в области лесных отношений -
Обособленное подразделение ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного
хозяйства», ул. Енисейская, д. 1, стр. 1, офис 238, Москва, 129344, Россия*

Один из ключевых аспектов обеспечения устойчивого развития лесной отрасли – это эффективное использование её трудового потенциала. Результативность трудовой деятельности работников лесного комплекса России оценена уровнем производительности труда. Выявлены проблемы, препятствующие полноценному использованию трудового потенциала. Предложены меры по повышению эффективности использования трудовых ресурсов в лесной отрасли. Сделан вывод, что только комплексный подход и совместные усилия государства и бизнеса позволят добиться успеха в этой сфере.

Effective use of labor potential in the forestry industry is one of the main aspects of ensuring sustainable development of this sector. The efficiency of using labor resources in the Russian forestry complex was analyzed using the labor productivity indicator. Problems that hinder the full use of labor potential are identified: insufficient workers' qualifications, uneven distribution of labor resources, ineffective personnel management, low level of employee motivation. Measures have been proposed to improve the efficiency of the use of labor resources in the forestry industry. It is concluded that only an integrated approach and joint efforts of the state and business will achieve success in this area.

Лесная отрасль играет значительную роль в экономике России, обеспечивая сырьем различные отрасли промышленности и создавая рабочие места. Эффективное использование трудового потенциала в лесной отрасли является одним из ключевых аспектов обеспечения устойчивого развития данного сектора. Несмотря на значимость лесной отрасли, в ней имеются определенные проблемы, мешающие полному использованию трудового потенциала. В числе таких проблем можно выделить: недостаточная квалификация работников, неравномерное распределение трудовых ресурсов, неэффективное управление персоналом, низкий уровень мотивации сотрудников. Все эти факторы снижают эффективность труда и препятствуют развитию лесной отрасли.

Работники – основной ресурс предприятия, поскольку от обеспеченности квалифицированными кадрами зависит результативность деятельности предприятия. Эффективность использования трудовых ресурсов оценивается уровнем производительности труда. Основными факторами, определяющими уровень производительности труда, являются численность работников и выручка. Изменения факторов могут быть обусловлены интенсивным или экстенсивным характером развития отраслей, видов экономической деятельности [1]. В современной экономике факторы могут существенно изменяться за счет внедрения и использования предприятиями

информационных технологий, механизации и автоматизации процесса производства, что предъявляет высокие требования к квалификации работников, вызывая снижение их численности и рост производительности труда.

Рассмотрим динамику основных показателей, определяющих производительность труда в отраслях лесного комплекса (табл. 1).

Таблица 1

Динамика основных показателей, определяющих производительность труда в отраслях лесного комплекса

Показатели	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Изменение, %
Объем отгруженных товаров ЛПК, млн р. [2]							
Производство древесины необработанной, млн м ³	140	149	143	143	148	131	93,6
Обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки, кроме мебели, производство изделий из соломки и материалов для плетения	548647	673289	714280	821651	1118982	958637	174,7
Распиловка и строгание древесины	222617	262933	285933	344242	438802	380077	170,7
Производство изделий из дерева, пробки, соломки и материалов для плетения	326030	410356	428347	477409	680180	578560	177,5
Производство бумаги и бумажных изделий	768108	921692	930993	982004	1303079	1356281	176,6
Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги и картона	344737	446310	408068	400755	587434	598404	173,6
Производство изделий из бумаги и картона	423371	475382	522925	581249	715645	757877	179,0
Производство мебели	253045	282709	289896	365409	401603	426365	168,5
Среднесписочная численность работающих ЛПК, чел. [3]							
Лесозаготовки, тыс. чел.	70,6	85	83,2	82,5	82,1	79,2	112,2
Обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки, кроме мебели, производство изделий из соломки и материалов для плетения	198439	216097	214189	199407	194306	196995	99,3
Распиловка и строгание древесины	85458	92343	89984	81829	77815	82040	96,0
Производство изделий из дерева, пробки, соломки и материалов для плетения	112981	123756	124205	117579	116492	114956	101,7
Производство бумаги и бумажных изделий	120959	114993	117120	119944	119388	124221	102,7
Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги и картона	53180	44293	45890	45698	45076	44981	84,6
Производство изделий из бумаги и картона	67780	70700	71231	74246	74312	79240	116,9
Производство мебели	127241	125612	123299	116605	122115	121074	95,2

По данным таблицы 1 за период с 2017 г. по 2022 г. наблюдается рост объема отгруженных товаров по всем видам экономической деятельности в среднем на 74,5 %, за

исключением производства древесины необработанной, где снижение составило 6,4 %. При этом среднесписочная численность работающих по большинству видов экономической деятельности, представленных в таблице 1, имеет тенденцию снижения или незначительного роста, за исключением производства изделий из бумаги и картона (рост на 16,9 %).

Показатель производительности труда, представленный в таблице 2, рассчитан как отношение объемов отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами к среднесписочной численности работающих, в определенной мере отображает эффективность лесопромышленного производства и позволяет провести сопоставительный анализ производительности труда по широкой номенклатуре лесобумажной продукции.

Таблица 2

Производительность труда в отраслях лесного комплекса

Производительность труда, тыс. р./чел.							
Лесозаготовки, тыс. м ³ /чел.	1983,0	1752,9	1718,8	1733,3	1802,7	1654,0	83,4
Обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки, кроме мебели, производство изделий из соломки и материалов для плетения	2764,8	3115,7	3334,8	4120,5	5758,9	4866,3	176,0
Распиловка и строгание древесины	2605,0	2847,4	3177,6	4206,9	5639,0	4632,8	177,8
Производство изделий из дерева, пробки, соломки и материалов для плетения	2885,7	3315,9	3448,7	4060,3	5838,9	5032,9	174,4
Производство бумаги и бумажных изделий	6350,1	8015,2	7949,0	8187,2	10914,6	10918,3	171,9
Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги и картона	6482,5	10076,3	8892,4	8769,7	13032,1	13303,5	205,2
Производство изделий из бумаги и картона	6246,3	6723,9	7341,3	7828,7	9630,2	9564,3	153,1
Производство мебели	1988,7	2250,7	2351,2	3133,7	3288,7	3521,5	177,1
Индекс производительности труда, %							
Лесозаготовки, тыс.м ³ /чел.	-	88,4	98,1	100,8	104,0	91,8	-
Обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки, кроме мебели, производство изделий из соломки и материалов для плетения	-	112,7	107,0	123,6	139,8	84,5	-
Распиловка и строгание древесины	-	109,3	111,6	132,4	134,0	82,2	-
Производство изделий из дерева, пробки, соломки и материалов для плетения	-	114,9	104,0	117,7	143,8	86,2	-
Производство бумаги и бумажных изделий	-	126,2	99,2	103,0	133,3	100,03	-
Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги и картона	-	155,4	88,3	98,6	148,6	102,1	-
Производство изделий из бумаги и картона	-	107,6	109,2	106,6	123,0	99,3	-
Производство мебели	-	113,2	104,5	133,3	104,9	107,1	-

Анализ данных таблицы 2 показал, что наиболее высокий уровень производительности труда в период 2017-2022 гг. в производстве целлюлозы, древесной массы, бумаги и картона, а также в производстве бумаги и бумажных изделий, в производстве изделий из бумаги и картона. Это производства, выпускающие продукцию с более высокой добавленной стоимостью и долей выпуска инновационной продукции. Двукратный рост производительности труда за анализируемый период наблюдается в производстве целлюлозы, древесной массы, бумаги и картона. По другим видам экономической деятельности, представленным в таблице 2, рост в среднем составил 75 %, за исключением производства изделий из бумаги и картона (рост в 1,5 раза) и лесозаготовок (снижение на 16,6 %). При этом темпы роста/снижения производительности труда по годам крайне неравномерны. Это связано, главным образом, с динамикой изменения среднесписочной численности работающих в отраслях лесного комплекса.

Общее сокращение числа занятых или их незначительный рост в сравнении с ростом объемов отгруженных товаров по большинству видов экономической деятельности объясняется применением высокопроизводительной техники, многооперационных и роботизированных линий, передовых технологий, обеспечивающих повышение комплексной выработки на 1 работающего. В разрезе лесозаготовок фактором снижения численности работающих явилось увеличение доли заготовок древесины по менее трудоёмкой технологии сортиментной и сокращением хлыстовой заготовки древесины [4].

Активное внедрение новаций, новой техники и технологий требуют обеспечения лесной отрасли высококвалифицированными кадрами, привлечения молодёжи, интенсивной подготовки и переподготовки кадров. Статистика показывает, что только половина сотрудников лесной отрасли в России имеет высшее или среднее профессиональное образование [2], что свидетельствует о необходимости повышения уровня образования и квалификации работников. По данным Международной организации труда (МОТ) более 60 % сотрудников лесной отрасли нуждаются в дополнительном обучении и профессиональной подготовке. Повышение квалификации персонала в лесной отрасли способствует увеличению производительности труда до 30 %, поэтому инвестиции в обучение и развитие персонала очень важны.

Внедрение современных технологий и методов управления персоналом может значительно повысить эффективность труда в лесной отрасли России. Автоматизация процессов, внедрение цифровых решений и инноваций способствуют увеличению производительности и снижению издержек. Исследования МОТ показывают, что организации, внедрившие современные технологии и методы управления персоналом в лесной отрасли, демонстрируют повышение результативности труда на 25 %. Оптимизация структуры и распределения трудовых ресурсов также является важным шагом к повышению эффективности использования трудового потенциала.

Важным аспектом является создание стимулов и мотивационных программ для сотрудников лесной отрасли России. Премии за достижение результатов, бонусы за профессиональные успехи и участие в программе корпоративного обучения могут стимулировать работников к повышению производительности и качества труда. Согласно исследованиям МОТ, высокий уровень мотивации сотрудников в лесной отрасли приводит к увеличению производительности труда на 20 %.

Основной материальный стимул – это заработная плата. Средняя заработная плата работников лесной отрасли в разы ниже среднемесячной заработной платы по остальным видам экономической деятельности [2]. Низкий уровень оплаты труда создает напряженность с обеспеченностью лесного хозяйства квалифицированными кадрами, а отток молодых перспективных кадров происходит ежегодно. Успешно решить проблему обеспеченности квалифицированными специалистами в лесной отрасли будет возможно, когда оплата труда работников лесного хозяйства будет конкурентной по отношению к другим профессиям. Здесь необходимо соблюдение требований к системам оплаты труда:

- дифференциация оплаты труда работников, выполняющих работы различной сложности;
- использование актуализированных профессионально-квалификационных требований к работникам;
- установление окладов в разрезе профессионально-квалификационных групп;
- установление оплаты труда в зависимости от качества оказываемых государственных (муниципальных) услуг (выполняемых работ) и эффективности на основе системы объективных критериев и показателей;
- увязка показателей, используемых при начислении стимулирующих выплат с отраслевыми показателями эффективности и их отражение в примерных положениях об оплате труда работников учреждений, локальных нормативных актах и трудовых договорах.

Это будет способствовать повышению привлекательности и престижности профессий лесного профиля.

На уровень мотивации и эффективность использования трудового потенциала влияют и социальные аспекты, такие как обеспечение безопасности и здоровья работников, соблюдение трудового законодательства, соблюдение принципов социальной ответственности бизнеса. Необходимо улучшать условия труда и социальной защиты сотрудников в лесном комплексе.

Повышение эффективности использования трудового потенциала в лесной отрасли России является важным шагом на пути к развитию данного сектора и обеспечению его устойчивости. Только комплексный подход и совместные усилия государства и бизнеса позволят достичь успеха в этой области. Для улучшения ситуации в лесном секторе экономики предложено:

- проведение систематического обучения и повышения квалификации персонала;
- оптимизация структуры и распределения трудовых ресурсов;
- внедрение современных технологий и методов управления персоналом;
- создание стимулов и мотивационных программ для сотрудников;
- учет социальных аспектов трудовой деятельности.

Реализация указанных мер позволит улучшить ситуацию в лесной отрасли и способствовать её дальнейшему развитию.

*E-mail автора для переписки: *Popova_Helen@list.ru*

Литература

1. Векторы социально-экономического развития России: современные вызовы и возможности : монография. – Чебоксары : ИД «Среда», 2024. – 180 с.
2. Федеральная служба государственной статистики : официальный сайт. – URL: <https://gks.ru> (дата обращения 20.03.2024).
3. ЕМИСС государственная статистика : официальный сайт. – URL: <https://www.fedstat.ru/> (дата обращения 22.03.2024).
4. Саханов, В.В., Зозуля, И.В. Инновационное развитие как основа повышения производительности труда в лесопромышленном комплексе. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnoe-razvitie-kak-osnova-povysheniya-proizvoditelnosti-truda-v-lesopromyshlennom-komplekse> (дата обращения 22.03.2024).

DOI 10.21178/160524.158

УДК 504.38

Особенности реализации климатических проектов в лесах

© В.В. Коларж*, В.А. Карамышев

Федеральное бюджетное учреждение «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства», Санкт-Петербург, Институтский пр., 21, 194021, Россия

Климатические проекты являются перспективным инструментом, применяемым в процессе достижения Российской Федерацией углеродной нейтральности. Особое место среди климатических проектов занимают природные климатические проекты, в частности, проекты, реализуемые в лесах. В настоящей статье рассматриваются ключевые особенности климатических проектов, реализуемых в лесах, с учетом их специфики, в условиях современного нормативного регулирования. Важным является тот факт, что особенности указанных климатических проектов оказывают воздействие как на сам процесс их реализации, так и на процесс признания их результатов специализированными органами по валидации и верификации парниковых газов.

Climate projects are a promising tool used by the Russian Federation in the process of achieving carbon neutrality. Among climate projects, special attention is given to natural climate projects, particularly those implemented in forests. This article examines the key features of climate projects implemented in forests, considering their specifics within the framework of current regulatory policies. It is important to note that the features of these climate projects impact both the implementation process and the recognition of their results by specialized bodies responsible for the validation and verification of greenhouse gases.

Российская Федерация, как участник международного взаимодействия и регулятор на собственной территории, предпринимает активные шаги по минимизации негативного воздействия на изменение климата. Планируется, что Россия достигнет углеродной нейтральности не позднее 2060 года [1], для чего, фактически, создается отдельная область нормативного регулирования и гражданско-правовых отношений, охватывающих вопросы учета выбросов парниковых газов и минимизации их воздействия на климат. Предприятия могут управлять количеством выбросов парниковых газов посредством реализации климатических проектов, представляющих собой комплекс мероприятий, обеспечивающий сокращение выбросов парниковых газов или увеличение поглощения парниковых газов.

Критерии отнесения проекта к климатическим отражены в Приложении 1 к приказу Минэкономразвития от 11.05.2022 № 248 «Об утверждении критериев и порядка отнесения проектов, реализуемых юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями или физическими лицами, к климатическим проектам, формы и порядка представления отчета о реализации климатического проекта» [2], в частности:

1. соответствие требованиям действующего законодательства, как федерального, так и законодательства субъектов Российской Федерации, на территории которых реализуется проект;

2. результатами реализации проекта являются сокращение выбросов и/или увеличение их поглощения парниковых газов относительно прогнозируемого результата количественной оценки выбросов/поглощений парниковых газов при отсутствии проекта. Исключением является ситуация, при которой снижение выбросов или рост поглощения парниковых газов объясняется снижением объемов хозяйственной деятельности;

3. мероприятия проекта не приводят к совокупному увеличению массы выбросов парниковых газов или снижению уровня их поглощения вне области влияния таких мероприятий;

4. сокращение выбросов и/или увеличение поглощения парниковых газов в течение срока реализации проекта не является результатом влияния факторов, не связанных с мероприятиями проекта;

5. мероприятия проекта осуществляются в дополнение к мероприятиям, направленным на выполнение предусмотренных законодательством Российской Федерации обязательных требований, действующих по состоянию на начало реализации проекта.

Важно отметить, что область реализации данных проектов крайне обширна: данные проекты могут быть направлены как на изменение выбросов (поглощений) парниковых газов непосредственно в рамках производственного процесса, так и на изменение выбросов (поглощений) парниковых газов в экосистемах, в частности, климатические проекты, реализуемые в лесах.

Общим для всех вышеописанных видов деятельности критически важным является обеспечение признания, будь то предпосылки или результаты конкретного проекта. В контексте проблем изменения климата, когда результаты действий могут стать заметными с задержкой в десятилетия, вопросы доверия и признания отчетности приобретают чрезвычайную важность. Именно для решения данной важной проблемы предназначены особые организации – органы по валидации и верификации парниковых газов.

Как следует из названия, основным направлением деятельности являются валидация и верификация экологической информации (климатических проектов и отчетности) в области выбросов парниковых газов. Валидация в контексте выбросов парниковых газов имеет своей целью формирование доверия к предпосылкам, допущениям и методам в рамках реализации климатических проектов, что позволяет сделать вывод об ожидаемых результатах будущей деятельности (снижения выбросов или увеличения поглощения парниковых газов). Иными словами, процесс валидации направлен на оценку будущих результатов проекта, которые ожидается получить. Верификация, наоборот, имеет дело с историческими данными об уже совершенных выбросах и поглощениях парниковых газов, то есть с оценкой и подтверждением уже полученных результатов деятельности.

Органы по валидации и верификации парниковых газов выступают в роли своеобразных аудиторов, которые призваны обеспечить доверие к экологической информации посредством предоставления оценки, соответствующей принципам беспристрастности, компетентности, конфиденциальности, открытости, ответственности, консервативности и профессионального скептицизма [3, 4]. Орган по валидации и верификации должен реагировать на жалобы и действовать с учетом оценки рисков. Указанные принципы задают своеобразную рамку того, как должен действовать орган в любой сложившейся ситуации. Важно понимать, что данные принципы действуют в четкой конгруэнтности, проистекают один из другого, дополняют друг друга.

Органы по валидации и верификации парниковых газов, осуществляя валидацию или верификацию экологической информации, подтверждают достоверность экологической информации собственным именем и репутацией. В свою очередь, важно обеспечить доверие и к деятельности органов по валидации и верификации. В Российской Федерации данная задача решается за счет аккредитации органов по валидации и верификации парниковых газов в Национальной системе аккредитации [5]. Только после

подтверждения соответствия органа по валидации и верификации критериям аккредитации в определенной профессиональной области, возможно осуществление соответствующей деятельности.

Начиная с 2022 года, на базе ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства» действует орган по валидации и верификации парниковых газов (далее, ОВВПГ), имеющий соответствующую аккредитацию в Национальной системе аккредитации. ОВВПГ ФБУ «СПбНИИЛХ» стал первым органом по валидации и верификации парниковых газов в Северо-Западном федеральном округе и первым подобным органом, подведомственным Рослесхозу.

Так как область аккредитации ОВВПГ охватывает именно климатические проекты, реализуемые в лесах, орган на регулярной основе сталкивается с особенностями вышеуказанных климатических проектов.

В первую очередь, как и для любых других климатических проектов, нормативно-правовая база находится в начальной стадии своего развития. Как следствие, может возникать ситуация, когда определенные нормативно-правовые механизмы либо отсутствуют полностью, либо могут вступать в противоречие. Следовательно, выполнение первого критерия отнесения проекта к климатическим, может быть невыполнимым.

Так, на текущий момент отсутствуют обязательные к применению национальные методологии реализации климатических проектов. Свообразным ориентиром являются методологии, разработанные ФБГУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля». В отношении климатических проектов, реализуемых в лесах, выделяются [6-8]:

1. проекты лесовосстановления;
2. проекты улучшенного управления лесным хозяйством, в том числе охрана лесов от пожаров;
3. проекты улучшенного управления лесным хозяйством, в том числе снижение воздействия лесозаготовок.

Однако данные методики также требуют доработки с целью интеграции в отечественное нормативно-правовое регулирование и практику деятельности. Ярким примером является условие о гарантировании результатов деятельности от реализации климатического проекта на протяжении 100 лет после завершения проекта. На практике, такое условие практически недостижимо. С одной стороны, сам алгоритм подобного гарантирования на данный момент отсутствует. Более того, основание для подобного гарантирования также подвергается сомнению, так как фактически будет ограничивать права лесопользователей, использующих лесные участки после завершения периода реализации проекта.

Следующим важным фактом является чрезвычайная длительность климатических проектов, реализуемых в лесах. Так, методики, разработанные ФБГУ «ИГКЭ», указывают, что длительность климатических проектов, реализуемых в лесах, составляет минимум 15 лет. Длительность иных климатических проектов составляет минимум 5 лет. Подобная длительность климатических проектов в контексте лесного хозяйства обоснована, так как отражает характер развития лесов как экосистем.

Однако, с позиции реализации климатического проекта, а также его подтверждения ОВВПГ, возникает ряд проблем:

- возникает высокая чувствительность к предпосылкам построения прогноза;
- повышается риск возникновения ошибок и искажений в данных, используемых для построения прогноза;
- повышается риск возникновения непрогнозируемых событий.

Особенностью климатических проектов, реализуемых в лесах, является характер работы с границами проекта. Формально, определение границ проекта может не вызывать сложностей, но при практической реализации:

- проект может охватывать значительные территории;
- проект может включать в себя значительное количество источников и поглотителей;
- расположение проекта может быть физически труднодоступным, что может сделать невозможным физическое посещение мест реализации проекта.

В результате, крайне сложным может быть осуществление наблюдений и измерений, как при разработке, реализации и мониторинге проекта, так и при осуществлении валидации проекта и верификации результатов проекта. В результате, решение данной проблемы возможно лишь с применением статистических методов, моделей оценки баланса углерода, а также дистанционных методов оценки. Тем не менее, следует понимать, что любая модель является упрощением и включает в себя определенный уровень неточности.

Для климатических проектов, реализуемых в лесах, особенно острой проблемой является соблюдение принципов дополнителности для климатических проектов.

В первую очередь, леса, являясь сложной системой, существуют и развиваются самостоятельно, и до начала реализации проекта, и в течение периода реализации проекта, и после его завершения. Следовательно, может быть затруднительным осуществление оценки базовой линии проекта, а также непосредственного эффекта от реализации проекта. Более того, в ряде случаев, развитие лесов без реализации проекта в контексте снижения выбросов и роста поглощения парниковых газов может быть более эффективным, нежели реализация проекта, что напрямую противоречит принципам отнесения проектов к климатическим.

На основании вышеизложенного, климатические проекты, реализуемые в лесах, являются одним из наиболее перспективных направлений в области достижения углеродной нейтральности, но в тоже время, предъявляют особые требования, как к разработчикам указанных проектов, так и к органам по валидации и верификации парниковых газов.

E-mail автора для переписки: v.kolarzh@spb-niilh.ru

Литература

1. Об утверждении стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года : Распоряжение Правительства РФ от 29.10.2021 № 3052-р // КонсультантПлюс : офиц. сайт / Компания «КонсультантПлюс». – Электрон. справ. правовая система. – URL:

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_399657/ (дата обращения: 06.05.2024).

2. Об утверждении критериев и порядка отнесения проектов, реализуемых юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями или физическими лицами, к климатическим проектам, формы и порядка представления отчета о реализации климатического проекта : Приказ Минэкономразвития России от 11.05.2022 № 248 ФЗ // КонсультантПлюс : офиц. сайт / Компания «КонсультантПлюс». – Электрон. справ. правовая система. – URL:

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_418257/ (дата обращения: 06.05.2024).

3. Общие принципы и требования к органам по валидации и верификации экологической информации: Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р ИСО 14065-2022 : ГОСТ Ассистент : офиц. сайт / ООО «ГОСТ». – Электронная справ. Правовая система. – URL:

<https://gostassistant.ru/doc/b14101f6-3b06-4ecc-b52e-231cc8ad8f01> (дата обращения: 06.05.2024).

4. Общие принципы и требования к органам по валидации и верификации: Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р ИСО/МЭК 17029-2022 : ГОСТ Ассистент : офиц. сайт / ООО «ГОСТ». – Электронная справ. Правовая система. – URL: <https://gostassistant.ru/doc/329c60b2-3de5-4c29-9e41-f9afd123719e> (дата обращения: 06.05.2024).

5. Об утверждении критериев аккредитации и перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации : Приказ Минэкономразвития России от 26.10.2020 № 707 (ред. от 23.01.2023) (Зарегистрировано в

Минюсте России 16.11.2020 N 60907) // КонсультантПлюс : офиц. сайт / Компания «КонсультантПлюс». – Электрон. справ. правовая система. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_367928/ (дата обращения: 06.05.2024).

6. Лесовосстановление: методология реализации климатического проекта № 0010 : Реестр углеродных единиц Российской Федерации : офиц. сайт / АО «Контур» – оператор реестра углеродных единиц. – URL: https://carbonreg.ru/pdf/methodology/accepted/CPM%20%E2%84%960010_rus.pdf (дата обращения: 06.05.2024).

7. Улучшенное управление лесным хозяйством, в том числе охрана лесов от пожаров: методология реализации климатического проекта № 0012 : Реестр углеродных единиц Российской Федерации : офиц. сайт / АО «Контур» - оператор реестра углеродных единиц. – URL: https://carbonreg.ru/pdf/methodology/accepted/CPM%20%E2%84%960011_rus.pdf (дата обращения: 06.05.2024).

8. Улучшенное управление лесным хозяйством, в том числе снижение воздействия лесозаготовок: методология реализации климатического проекта №0012 : Реестр углеродных единиц Российской Федерации : офиц. сайт / АО «Контур» – оператор реестра углеродных единиц. – URL: https://carbonreg.ru/pdf/methodology/accepted/CPM%20%E2%84%960012_rus.pdf (дата обращения: 06.05.2024).

DOI 10.21178/160524.163

УДК 630.90

Экономические аспекты применения доходного подхода к оценке лесных ресурсов

© В.В. Коларж*, В.А. Карамышев

Федеральное бюджетное учреждение «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства», Санкт-Петербург, Институтский пр., 21, 194021, Россия

Точная и взвешенная экономическая оценка лесных ресурсов является одним из необходимых условий их эффективного использования. Однако, не смотря на важность данной оценки, существует определенный разрыв между практикой оценочной деятельности и экономической оценкой лесного хозяйства. Применительно к лесным ресурсам, наиболее широкое применение имеют подходы, которые могут быть отнесены к доходному подходу к оценке. Статья рассматривает специфику доходного подхода в целом, а также практику его применения в рамках лесного хозяйства.

Precise and balanced economic evaluation of forest resources is considered as one of the vital conditions of their effective usage. Nevertheless, despite the importance of mentioned valuation, the certain gap between common practice of economic valuation and economic valuation within forestry industry exists. Relating to forest resources, methods within the income approach to economic valuation are supposed to demonstrate the most thorough implementation. The article considers special features of income approach in general, and also special aspects of its implementation within forestry industry.

Существующая практика оценочной деятельности предполагает проведение оценки по трем основным подходам: доходном, затратном и сравнительном. В рамках настоящей статьи рассматривается в первую очередь доходный подход как один из наиболее значимых и перспективных подходов, применяемых в лесном хозяйстве. Ключевые положения, устанавливающие особенности доходного подхода к оценке изложены в Федеральном стандарте оценки «Подходы и методы оценки» (ФСО V), утвержденного Приказом Минэкономразвития России от 14.04.2022 № 200 [1].

Основой подхода является оценка текущей стоимости ожидаемых будущих денежных потоков, получаемых от использования актива. Будущий денежный поток может быть представлен как в форме прибыли, денежных поступлений, так и экономии затрат. В рамках подхода рассматриваются методики и методы, основанные на прямой капитализации или дисконтировании денежных потоков. Определение конкретной методики осуществляется лицом, проводящим оценку с учетом особенностей оцениваемого актива.

В общем виде, в рамках применения доходного подхода выделяются следующие задачи:

- определение будущих денежных потоков, участвующих в определении приведенной стоимости вышеуказанных потоков;

- определение ставки дисконтирования, с помощью которой осуществляется расчет приведенной стоимости денежных потоков;

- определение горизонта оценки, то есть периода времени.

Данный порядок относится к методу дисконтирования будущих денежных потоков. Другая распространенная методика – это капитализации доходов. Ключевым отличием капитализации доходов является тот факт, что меньшее влияние на оценку оказывает прогнозирование будущих денежных потоков, так как предполагается, что на горизонте оценки существенных изменений не предвидится, либо длительность прогноза коротка (как правило, составляет 1 период). Как следствие, в случае наличия вероятности значимых изменений, более предпочтительным является применение метод дисконтирования денежных потоков.

В качестве преимуществ доходного подхода могут быть выделены следующие особенности:

- в рамках доходного подхода может быть получена оценка любого актива, генерирующего денежные потоки. При этом, оцениваться может как отдельно взятый актив, группа активов, инвестиционный проект или имущественный комплекс;

- доходный подход наиболее полно отражает ожидания от наиболее рационального использования оцениваемого актива;

- ставка дисконтирования (капитализации), применяемая для определения приведенной стоимости, достаточно полно отражает ожидания как относительно развития экономики в целом, так и отдельно взятых рынков;

- в целом, методики, применяемые в рамках доходного подхода достаточно понятны и прозрачны, а интерпретация полученных результатов не требует наличия специализированных знаний об оценочной деятельности.

Не смотря на наличие существенных преимуществ, доходный подход обладает рядом недостатков, ограничивающих его применение на практике. В частности, в работах отечественных или зарубежных ученых [2-6] выделяются следующие ограничения:

- применение методов доходного подхода возможно только в ситуации, если имеется положительный денежный поток от использования актива. В случае его отсутствия или отрицательного результата, рассмотрение его становится крайне затруднительным;

- так как решение задачи оценки стоимости актива с применением доходного подхода подразумевает построение прогноза будущих поступлений и будущей ставки дисконтирования, методы доходного подхода чувствительны к входным данным, а также к предпосылкам прогнозирования;

- результаты оценки в определенной степени субъективны, а также подвержены искажениям и манипуляциям. Так как любая оценка проводится отдельным специалистом, обладающим определенной квалификацией и опытом, а также действует в условиях ограниченной информации, экономическая оценка одного и того же актива может отличаться существенно. В отношении искажений и манипуляций требуется отметить, что не во всех случаях имеет место заинтересованность оценщика в получении более высокой или более низкой экономической оценки. Так, в зависимости от контекста оценки, могут применяться различные подходы к определению ставки дисконтирования, обоснованность применения которых оправдана в той или иной ситуации.

В контексте лесного хозяйства, отсутствует однозначное распределение действующих методик и методов оценки лесных ресурсов между различными подходами к оценке. Тем не менее, проводя соответствие между сущностью доходного подхода и применяемых методов, к вышеупомянутому подходу может быть отнесен рентный подход к определению стоимости лесных ресурсов.

Рентный подход предусматривает определение величины прибыли, которую получает производитель при реализации заготовленной продукции. Таким образом, так как оцениваются именно ожидаемые к поступлению денежные потоки, данный подход

однозначно может быть отнесен к инструментам, применяемым в рамках доходного подхода к оценке.

Важно отметить тот факт, что основа рентного подхода для оценки лесных ресурсов тесно связана с методиками оценки месторождений полезных ископаемых, примененными еще в 1979 г. [7, 8].

Наибольшее внимание уделяется заготовке древесины как к наиболее значимому виду лесопользования.

Однако, как и любой из методов доходного подхода к оценке, рентный подход сталкивается с теми же двумя ключевыми вопросами, а именно:

1. определение денежных потоков;
2. определение ставки дисконтирования (капитализации).

В рамках первой группы вопросов, сама суть рентного подхода предусматривает необходимость оценки лесных ресурсов исходя из стоимости конечной продукции. Однако в таком случае возникает вопрос о том, какая продукция считается конечной [9-11].

С одной стороны, оценке может подлежать непосредственно заготовленная древесина, что является непосредственным результатом лесопользования. Данный подход достаточно прозрачен и прост с точки зрения проведения экономической оценки, так как оценке подвергается лишь первый передел продукции. Дальнейший контроль за движением продукции не требуется и не осуществляется. Однако, принимая во внимание тот факт, что наибольший объем заготовки древесины осуществляется вертикально интегрированными холдингами. Таким образом, формируется заинтересованность данных организаций в манипулировании ценами продукции лесозаготовки в своих интересах (как в большую, так и в меньшую сторону), что будет приводить к искажению экономической оценки лесных ресурсов, либо в форме недополучения поступлений в бюджет, либо к нарушениям в работе отрасли, например, монополизации рынка древесины.

С другой стороны, в качестве конечной продукции может рассматриваться именно конечная продукция лесопереработки. В таком случае, вышеописанные проблемы исключаются, так как условное «перемещение» затрат и прибыли от лесозаготовителя к организации, осуществляющей переработку древесины, не будет играть существенной роли. Одновременно с этим, возникает необходимость учета движения заготовленной древесины по технологической цепочке. Как следствие, оценке подлежат доходы не самого лесозаготовителя, а организации, осуществляющей переработку древесины, что делает экономическую оценку кратно более сложным процессом, ставящим под вопрос саму его целесообразность.

Определение ставки дисконтирования (капитализации) также является достаточно трудной задачей, так как, помимо вышеописанной проблематики с определением конечной продукции (следовательно, и того, по какой ставке, осуществлять дисконтирование), возникает проблема разнородности компаний, так как для каждой из компаний, осуществляющих заготовку, ставка дисконтирования может отличаться существенно. Следует отметить, что данная проблема типична для любой оценки экономической оценки в рамках доходного подхода, когда оценивается не отдельно взятый объект, а их значительное количество. В таких ситуациях, за счет применения методов математической статистики, достигается снижение воздействия отдельно взятого предприятия.

Общей практикой для решения вышеописанной задачи является применение усредненных значений ставки дисконтирования (капитализации) отражающих состояние отрасли, например, средние показатели рентабельности, либо так называемые безрисковые ставки, то есть та доходность, которую можно получить, не подвергая свои вложения риску, например, ставки по банковским вкладам или ставки по государственным облигациям. Также, распространена практика, когда в качестве коэффициента дисконтирования может применяться показатель ключевой ставки ЦБ РФ.

Ряд нормативно-правовых актов в области лесного хозяйства [12, 13] предусматривает закрепление минимальных уровней доходности предприятий, действующих в отрасли. «Так, методических рекомендаций по формированию цен на производимые товары, выполняемые работы и услуги, оказываемые организациями, находящимися в ведении Федерального агентства лесного хозяйства, на платной основе...» предусматривают, закрепление нормативной и минимальной предпринимательской прибыли на уровне 25 % и 3 % соответственно [13]. Также, существует практика применения, в качестве ставки дисконтирования, так называемого «лесного процента», принимаемого равным 3.

Следует отметить и другое ограничение, связанное с сущностью рентного подхода. По своему существу, он ближе к методам капитализации, где влияние оценки будущих денежных потоков не столь существенно (за основу берется фактические данные за оцениваемый период), так как ожидается, что развитие будет стабильным и прогнозируемым, без существенных изменений в ставках. Это достаточно упрощает процесс оценки в отрасли, так как сама суть работы с лесными ресурсами предполагает долгосрочный характер.

Однако, в современных условиях, подобный подход может приводить к существенным искажениям, так как условия для определения ставок изменяются значительно быстрее, чем утверждаемые ставки капитализации.

Важно отметить, что единого подхода к определению ставки дисконтирования (капитализации) нет. Фактически, обоснование ставки является одной из задач лица, проводящего оценку.

Дополнительно требуется отметить, что другим значимым объектом оценки, в рамках которой происходит оценка лесных ресурсов, является кадастровая оценка лесных участков [14-16]. В контексте лесного хозяйства, данная оценка полностью соответствует сути доходного подхода [17]. Кадастровая оценка предусматривает расчет капитализированных рентных доходов. Одновременно с этим, кадастровая оценка в таком случае вбирает в себя все преимущества и недостатки рентного подхода. Помимо этого, кадастровая оценка представляется довольно жестким инструментом, корректировка которой может быть затруднительной.

Примечательным является тот факт, что рассматриваемые подходы к оценке крайне мало затрагивают другие виды лесопользования, кроме заготовки древесины. Тем не менее, и в них требуется наличие точной и корректной экономической оценки лесных ресурсов.

В случае вида лесопользования «Строительство, реконструкция и эксплуатация линейных объектов» оценка лесных ресурсов оказывает прямое влияние на конечные цены для потребителей путем включения их в тарифы. Таким образом, взвешенная оценка потребует не только для увеличения поступлений в бюджет от использования лесов, но и определения приемлемой цены для конечного потребителя. Методы в рамках доходного подхода, применительно к данному виду лесопользования, будут применимы к данному виду лесопользования, так как:

- представляется возможным оценить денежные потоки для лесопользователя,
- проекты строительства линейных объектов, как правило, имеют высокую степень разработки, что также упрощает их оценку.

В отношении вида лесопользования «Геологическое изучение недр, разведка и добыча полезных ископаемых», ситуация в целом сходна с заготовкой древесины, что также позволяет применить существующую практику экономической оценки. Отличие заключается в том, что изымаемые в рамках вида лесопользования ресурсы не относятся к лесным ресурсам напрямую. Следовательно, оценка должна охватывать отрасли, не связанные напрямую с лесным хозяйством.

В отношении вида лесопользования «Рекреационная деятельность», применение методов доходного подхода к оценке имеет широкие перспективы, так как:

- каждый контракт в рамках данного вида деятельности может рассматриваться как отдельный инвестиционный проект или отдельное предприятие, что позволяет воспользоваться наиболее широким инструментарием для оценки;

- в случае с рекреационной деятельностью, при прочих равных условиях, существует большое количество участников, осуществляющих предпринимательскую деятельность, следовательно, снижается возможность влияния одного участника на поступления в бюджет от использования лесов;

- оценка в рамках рекреационной деятельности включает в себя не только оценку материальных лесных ресурсов, но и ресурсов, не имеющих материального воплощения [18]. Более того, косвенно, могут быть оценены даже те лесные ресурсы, оценка которых, при прочих равных условиях, имеет субъективный характер (например, экосистемные лесные ресурсы в контексте эстетического восприятия лесов);

- существует значительный объем информации и статистических данных (в том числе, в публичных источниках), характеризующий развитие рекреационной деятельности, который может быть использован для получения рыночной оценки лесных ресурсов.

В заключении, требуется отметить, что сложившаяся практика оценки лесных ресурсов с помощью методов, которые могут быть отнесены к доходному подходу, обширна, и зарекомендовала себя как достаточно эффективный инструмент. Тем не менее, современное развитие лесного хозяйства требует совершенствования данных методик с целью обеспечения более гибкой и точной экономической оценки лесных ресурсов, а также учета изменений в отрасли, например, необходимости учета потенциала лесов как крупного депонента углерода.

E-mail автора для переписки: v.kolarzh@spb-niilh.ru

Литература

1. Об утверждении федеральных стандартов оценки и о внесении изменений в некоторые приказы Минэкономразвития России о федеральных стандартах оценки (вместе с «Федеральным стандартом оценки «Структура федеральных стандартов оценки и основные понятия, используемые в федеральных стандартах оценки (ФСО I)», «Федеральным стандартом оценки «Виды стоимости (ФСО II)», «Федеральным стандартом оценки «Процесс оценки (ФСО III)», «Федеральным стандартом оценки «Задание на оценку (ФСО IV)», «Федеральным стандартом оценки «Подходы и методы оценки (ФСО V)», «Федеральным стандартом оценки «Отчетом об оценке (ФСО VI)») : Приказ Минэкономразвития России от 14.04.2022 № 200 (ред. от 30.11.2022) // КонсультантПлюс : офиц. сайт / Компания «КонсультантПлюс». – Электрон. справ. правовая система. URL:

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_415358/5facfdd258889bf70bf14c57879594c2876849d4/ (дата обращения: 16.04.2024).

2. Damodaran, A. Damodaran on Valuation: Security Analysis for Investment and Corporate Finance. – New York : Wiley, 2006. – 704 p.

3. Fernández, P. 119 Common Errors in Company Valuations / Pablo Fernández, Andrada Bilan // IESE Business School Working Paper no. 714. – 2013. – 27 p. – DOI: 10.2139/ssrn.1025424.

4. Ковалев, В.В. Недостатки доходного подхода для оценки бизнеса / В.В. Ковалев, П.С. Коклев // Экономические науки. – 2022. – № 214. – С. 49-54.

5. Гребеник, В.В. Особенности применения доходного подхода к оценке бизнеса: преимущества и недостатки / В.В. Гребеник, А.Х. Холов // Экономическая безопасность: современные вызовы и поиск эффективных решений : материалы всероссийской научно-практической конференции, Москва, 19 ноября 2020 года. – М. : Московский университет им. С.Ю. Витте, 2020. – С. 538-549.

6. Богатырев, С.Ю. Анализ манипуляций при применении методов доходного подхода стоимостной оценки / С.Ю. Богатырев / Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2019. – № 3 (349) – Р. 338-351.

7. Животягина, Н.И. Особенности использования и адаптация подходов к оценке лесных ресурсов в современных экономических условиях / Н.И. Животягина, Н.В. Орехова, Н.В. Казанцева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2011. – № 74. – С. 496-505.
8. Лукьянчиков, Н.Н. Экономика и организация природопользования : учебник / Н.Н. Лукьянчиков; И.М. Потравный. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2015. – 688 с. — (Золотой фонд российских учебников). – ISBN 978-5-238-01672-6.
9. Беспалова, В.В. Оценка лесных ресурсов и её потенциал в финансировании лесного хозяйства Российской Федерации / В.В. Беспалова // Фундаментальные исследования. – 2022. – № 4. – С. 7-11.
10. Зиновьева, И.С. Проблемы рентной оценки лесных ресурсов / И.С. Зиновьева, О.А. Чернышова // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 7-1. – С. 135-136.
11. Зиновьева, И.С. Экономическая оценка лесных ресурсов: анализ существующих подходов / И.С. Зиновьева, А.С. Межова // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2018. – Т. 6, № 7 (43). – С. 352-356.
12. Об утверждении Методических рекомендаций по формированию цен на производимые товары, выполняемые работы и услуги, оказываемые организациями, находящимися в ведении Федерального агентства лесного хозяйства, на платной основе и начальных (стартовых) цен на лесохозяйственные работы и услуги, закупаемые для государственных нужд : Приказ Рослесхоза от 31.01.2005 № 8 // КонсультантПлюс : офиц. сайт / Компания «КонсультантПлюс». – Электрон. справ. правовая система. – URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=EXP;n=365909#tGNbwCUuE1gmqW221> (дата обращения: 15.04.2024).
13. Об утверждении Методики экономической оценки лесов : Приказ Рослесхоза от 10 марта 2000 года № 43 // КонсультантПлюс : офиц. сайт / Компания «КонсультантПлюс». – Электрон. справ. правовая система. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_27752/5fbb4ad5e80c884d5c35bafc86e4b5d8a083bf28/ (дата обращения: 16.04.2024).
14. Об утверждении Методических указаний о государственной кадастровой оценке : Приказ Росреестра от 04.08.2021 № П/0336 (Зарегистрировано в Минюсте России 17.12.2021 № 66421) // КонсультантПлюс : офиц. сайт / Компания «КонсультантПлюс». – Электрон. справ. правовая система. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_403900/ (дата обращения: 16.04.2024).
15. Шпак, Н.А. Методологические аспекты экономической оценки лесных ресурсов / Н.А. Шпак // Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 3 (121). – С. 93-96.
16. Трушина, И.Г. О методических подходах к стоимостной оценке лесных ресурсов на землях лесного фонда / И.Г. Трушина, В.В. Дегтев, Н.И. Трушина [и др.] // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2021. – № 59. – С. 84-90.
17. Панкратова, Н.Н. Нормативно-правовое и методологическое регулирование вопросов экономической оценки лесов / Н.Н. Панкратова // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2013. – № 4. – С. 31-39.
18. Еремеев, И.А. Подход к классификации лесных ресурсов с учетом современных экономических вызовов / И.А. Еремеев, В.А. Карамышев, В.В. Коларж, Н.А. Мосолова, А.Г. Третьяков // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2023. – № 4. – С. 121-127. – DOI 10.21178/2079. – 6080.2023.4.121.

DOI 10.21178/160524.169

УДК 331.7

Оценка эффективности управления человеческими ресурсами в лесном хозяйстве: методический концепт

© Т.Г. Колесникова^{1*}, Т.М. Наумова², Л.В. Смоленникова¹

¹Центр экономических исследований и стратегического планирования в области лесных отношений - Обособленное подразделение ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства», расположенное в г. Москве, ул. Енисейская, д. 1, стр. 1, офис 238, г. Москва, 129344, Россия

²ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»
Россия, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, ул. Панфилова, 17

Данная статья представляет методический концепт оценки эффективности управления человеческими ресурсами в лесном хозяйстве. Рассмотрены этапы процесса оценки эффективности управления персоналом на основе ключевых показателей эффективности (КПЭ). Для совершенствования оплаты труда в лесном хозяйстве предложен эффективный контракт на основе ключевых показателей эффективности. Оценка эффективности управления человеческими ресурсами в лесном хозяйстве поможет выявить сильные и слабые стороны системы управления и предложить рекомендации по ее улучшению.

This article presents a methodological concept for assessing the effectiveness of human resource management in forestry. The stages of the process of assessing the effectiveness of personnel management based on key performance indicators (KPI) are considered. To improve remuneration in forestry, an effective contract based on key performance indicators has been proposed. Assessing the effectiveness of human resource management in forestry will help identify the strengths and weaknesses of the management system and offer recommendations for its improvement.

Оценка эффективности управления человеческими ресурсами в лесном хозяйстве является ключевым аспектом обеспечения устойчивого развития лесных ресурсов и сохранения биоразнообразия.

Государственные органы, занимающиеся управлением лесным хозяйством, должны обладать компетентным и профессиональным персоналом, способным эффективно осуществлять контроль и надзор за использованием лесных ресурсов, разработкой стратегии управления и механизмов контроля за их выполнением.

Рассматривая концепции эффективности управления, необходимо отметить их целенаправленность на благо общества, удовлетворения социальных нужд населения страны.

В настоящее время в научной литературе дефиниция «эффективность» трактуется как результативность процесса, операции, проекта, определяемая отношением эффекта, результата к затратам, обусловившим его получение, согласованность результата с целью [4]. В широком смысле под эффективностью понимается комплексная характеристика результатов, соответствие полученных результатов поставленным целям и задачам [3].

При определении эффективности управления устанавливаются:

- объект управления;
- субъект (источник) управленческих решений;
- управленческие решения, оказывающие воздействие на объект;
- возникающие эффекты в деятельности объекта управления.

На основе эффектов управления выделяют такие виды эффективности, как:

1) экономическая эффективность - отношение стоимости объемов предоставленных услуг к стоимости объемов привлеченных для этого ресурсов, отражает внутреннее положение дел в системе государственного управления;

2) техническая эффективность - степень достижения целей деятельности с учетом общественных интересов, отражает соответствие государственного управления требованиям внешней среды с учетом влияния, которое оно оказывает на состояние общества, и связана с количественными и качественными показателями [2];

3) социальная эффективность:

а) общая – характеризует вклад системы государственного управления в качественное развитие общества как объекта управления;

б) специальная – отражает качество функционирования аппарата государственного управления;

в) конкретная – соотносится с детальными особенностями организации процесса управления [1].

При оценке эффективности управления человеческими ресурсами в лесном хозяйстве целесообразен системный подход, учитывающий ее экономическую, техническую, социальную составляющие. А также необходимо учитывать следующие аспекты:

1) государственные сотрудники, занимающиеся управлением лесным сектором, должны обладать не только теоретическими знаниями, но и практическим опытом в области лесного хозяйства, экологии, управления природными ресурсами.

Необходима система постоянного обучения и повышения квалификации для персонала, чтобы гарантировать их готовность к решению сложных задач в области управления лесным комплексом;

2) важной частью оценки эффективности государственного управления человеческими ресурсами в лесном хозяйстве является система мониторинга и оценки результатов деятельности.

Необходимо разрабатывать и внедрять ключевые показатели эффективности (КПЭ), которые позволят оценивать достигнутые результаты и принимать корректирующие меры при необходимости.

Построение показателей эффективности может быть выполнено на основе Методики всесторонней оценки профессиональной служебной деятельности государственного гражданского служащего, разработанной во исполнение Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2012 г. № 601 «Об основных направлениях совершенствования системы государственного управления». Комплексная оценка - интегральная оценка квалификации гражданского служащего, его профессиональных качеств, а также эффективности и результативности профессиональной служебной деятельности. На этой основе оценку сотрудников органов управления лесами рекомендуется проводить по следующим параметрам:

- эффективность и результативность профессиональной деятельности (критерии - профессиональный уровень выполнения задач и подготовки документов: объем, качество и сроки выполнения задач и подготовки документов, эффективность использования ресурсов);

- функциональность, квалификация (критерии - проявление профессиональных знаний и навыков, предусмотренных должностным регламентом, квалификационными требованиями к должности; повышение квалификации; уровень исполнительской дисциплины);

- профессиональные и личностные качества (компетенции) (критерии - проявление ориентации на результат и заинтересованности в достижении поставленных целей; инициативность; эффективная работа в команде; умение ставить цели, определять сроки их достижения; служебное поведение при взаимодействии с внешней средой).

Таким образом, внедрение КПЭ позволяет видеть, как достижение показателей каждым сотрудником влияет на общие результаты работы экономического субъекта; мотивировать персонал на конкретный измеримый результат.

Среднегодовая заработная плата работников является одним из важнейших показателей оценки результатов лесохозяйственной деятельности в лесу и эффективности управления процессов воспроизводства. Для совершенствования оплаты труда в лесном хозяйстве необходим эффективный контракт на основе ключевых показателей эффективности.

Эффективный контракт – трудовой договор с работником, в котором конкретизированы его должностные обязанности, условия оплаты труда, показатели и критерии оценки эффективности деятельности для назначения стимулирующих выплат в зависимости от результатов труда и качества оказываемых государственных (муниципальных) услуг, а также меры социальной поддержки.

Цель введения эффективного контракта – увязка повышения оплаты труда с достижением конкретных показателей качества оказываемых государственных (муниципальных) услуг на основе:

- 1) введения взаимосвязанной системы отраслевых показателей эффективности;
- 2) установления соответствующих показателям эффективности стимулирующих выплат, критериев и условий их назначения с отражением в примерных положениях об оплате труда работников учреждений, коллективных договорах, трудовых договорах;
- 3) отмены неэффективных стимулирующих выплат;
- 4) использования при оценке достижения конкретных показателей качества и количества оказываемых государственных (муниципальных) услуг (выполнения работ) независимой системы оценки качества работы учреждений, включающей кроме критериев эффективности их работы и введение публичных рейтингов их деятельности;
- 5) создания прозрачного механизма оплаты труда.

Оценка эффективности управления человеческими ресурсами в лесном хозяйстве поможет выявить сильные и слабые стороны системы управления и предложить рекомендации по ее улучшению. Учитывая важность сохранения лесных ресурсов для экологического равновесия и устойчивого развития, решение этого вопроса становится ключевым при формировании эффективной стратегии управления лесным хозяйством.

*E-mail автора для переписки: Kotangens@list.ru

Литература

1. Лукьянова, В.В. Социальная эффективность государственного и муниципального управления / В.В. Лукьянова, О.В. Рудакова // Основы экономики, управления и права. – 2013. – № 6 (12). – С. 23–28.
2. Михайлова, О.В. Основные направления развития государственного управления в РФ и его эффективность / О.В. Михайлова // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – 2016. – № 1 (11). – С. 166–172.
3. Пугачева, Л.В. Эффективность государственного и муниципального управления: сущность, критерии, оценка / Л.В. Пугачева, Т.В. Дягилева // Актуальные вопросы социально-экономического развития современного государства : сборник научных статей по материалам II научно-практической конференции, 15 апреля 2015 г., г. Новочеркасск. – Новочеркасск : Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, 2015. – С. 30–38.
4. Шестаков, А.В. Экономика и право: энциклопедический словарь / А.В. Шестаков. – М. : Дашков и К, 2000. – 568 с.

DOI 10.21178/160524.172

УДК 630*53

Ресурсы маломерной древесины в притундровых ельниках

© С.В. Коптев^{1,2*}, С.В. Ярославцев¹

¹*«Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства»;
ул. Никитова, 13, г. Архангельск, 163062, Россия*

²*Северный (Арктический) федеральный университет;
наб. Северной Двины, 17, г. Архангельск, 163002, Россия*

Размеры лесопользования в притундровых лесах ограничены преимущественным применением выборочного хозяйства, низкой продуктивностью древостоев [8]. Ресурсы маломерной древесины, в частности древесины сучьев, могут составить существенную прибавку к сырью, используемому в переработанном виде для производства целлюлозы, энергии и биотоплива, древесных плит и т. д. Расчеты объемов сучьев для отдельных деревьев и прогнозы запаса древесной массы сучьев для насаждений с использованием региональных сортиментных таблиц с дополнительными сведениями о ресурсе древесины сучьев существенно повысят точность результатов.

The extent of forest use in sub-tundra forests is limited by the predominant use of selective cutting and the low productivity of tree stands. Resources of small-size wood, in particular wood of tree branches, can constitute a significant addition to the raw materials used in processed form for the production of cellulose, energy and biofuels, wood-based panels, etc. Calculations of branch volumes for individual trees and forecasts of the wood mass reserve of branches for tree stands using regional assortment tables with additional information about the resource of wood branches will significantly increase the accuracy of the results.

Целью работы является изучение размерных характеристик сучьев древесных стволов ели района притундровых лесов, закономерных связей объема сучьев с таксационными параметрами отдельных деревьев и насаждений в целом для определения потенциальных ресурсов маломерной древесины.

Производство биотоплива в России – одна из быстрорастущих и перспективных отраслей экономики. При сжигании древесины происходит кругооборот углерода, т.е. отсутствует дополнительное выделение парниковых газов, в отличие от ископаемого топлива [2, 4]. Использование низкокачественной древесины в качестве биотоплива в многолесных районах позволяет существенно повысить энергоэффективность промышленного производства, одновременно устраняя негативное воздействие на климат [5].

Древесина сучьев может представлять собой дополнительный сырьевой ресурс. Учет и прогноз ресурсов такой древесины пока не введен в практику лесной инвентаризации. Это во многом связано с отсутствием нормативов для точного учета (в виде дополнений к сортиментным таблицам) и прогнозов (в виде дополнений к товарным таблицам), а также с практикой утилизации маломерной древесины непосредственно на делянке в соответствии с лесозаготовительными технологиями и лесоводственными требованиями к очистке мест рубок.

Древесина сучьев может быть использована при производстве всех видов биотоплива (пеллеты, брикеты, щепа, дрова, жидкое биотопливо, генераторный газ). Плотность древесины у сучьев выше, особенно в месте примыкания к стволу. Выход целлюлозы из древесины сучьев на 8—10 % ниже по сравнению со стволовой древесиной [6], но больше, чем из древесины ствола, пораженной гнилями 1-3 стадии развития [3].

Для изучения закономерностей строения кроны ели и определения запасов древесины, получаемой из сучьев, были проведены исследования на пробных площадях, заложенных в модальных еловых древостоях притундровых лесов и редкостойной тайги, в северном лесотаксационном районе применения сортиментных и товарных таблиц. На каждой пробной площади срубали 10-15 модельных деревьев, у которых кроме традиционных измерений проводили пересчет всех сучьев по диаметру основания и длине на 2-метровых секциях. У репрезентативной части сучьев замеряли диаметры на относительных длинах в коре и без коры. Всего было исследовано 199 учетных деревьев, на которых у 4450 сучьев проведены замеры указанных параметров.

Относительный выход древесины из сучьев ели ниже, чем из ствола. Средняя доля коры составляет 18-23% и закономерно снижается с увеличением диаметра основания сучьев.

Сучья имеют различные размерные характеристики, зависящие от величины дерева, условий произрастания. Мелкие сучья (диаметром до 2 см), в общем запасе древесины кроны составляют до 65 %. Относительный объем всех сучьев доходит до 4-9 % от объема дерева. Абсолютный объем возрастает с повышением разряда высот древостоя. Число и объем сучьев возрастает также с увеличением диаметра деревьев. Максимальное количество и объем сучьев наблюдается на деревьях в возрасте естественной спелости. Затем общие число и объем сучьев могут уменьшаться за их счет усыхания, которое происходит преимущественно в нижней части кроны [2].

Интегральное число сучьев для деревьев толстомерных ступеней (28-32 см) может достигать 300-350 шт.). Доля сухих сучьев от общего числа составляет 15 - 20% в зависимости от толщины и состояния деревьев. Их средние диаметры составляют 0,6 от диаметра растущих сучьев. Средняя длина сучьев составляет от 0,9 м до 2,4 м, средний диаметр от 1,3 см до 2,7 см. в зависимости от диаметра деревьев. Наибольший диаметр сучьев составляет $1,48 \pm 0,04$ от среднего. Эту величину можно использовать в качестве редуцированного числа для определения среднего или максимального диаметра основания сучьев на дереве при определении сортности сортиментов. Объем сучьев, которые могут быть получены из одного ствола ели в районе притундровых лесов и редкостойной тайги, составляет от 0,002 до 0,28 м³.

Сбег сучьев изучали на относительных длинах (для возможности сопоставления со сбегом ствола). Сучья обладают большим сбегом, чем древесный ствол. Это подтверждается другими исследованиями [1].

Связь диаметра основания сучьев с их длиной выражается уравнением:

$$L = 0,81 \times D_0 - 0,084 \times D_0^2 - 0,06 \quad r^2 = 0,89, \quad m = 0,02 \text{ м} \quad (1)$$

где L – длина сучьев, м
 D_0 – диаметр основания сучьев, см.

Абсолютные видовые числа сучьев ели зависят от диаметра их основания и длины. Связь выражается уравнением:

$$F_a = 0,4667 - 0,0465 \times \ln D_0 + 0,032 / L_c, \quad r^2 = 0,99, \quad m_y = 0,001 \quad (2)$$

где: F_a – абсолютное видовое число сучьев, ед.

D_0 – диаметр основания сучка, см.

L_c – длина сучка, м

Абсолютное видовое число сучьев закономерно снижается с увеличением длины сучьев и диаметра их основания.

Средняя длина сучьев определяется таксационным диаметром деревьев ($D_{1,3}$):

$$L = 0,8862 \times \ln D_{1,3} - 0,9107, \quad r^2 = 0,96, \quad m_y = 0,05 \text{ м} \quad (2)$$

Средний диаметр основания сучьев (D_0) в основном зависит от таксационного диаметра деревьев ($D_{1,3}$). Сила его влияния составляет 65-76 %, разряда высот 29-31 % от общей суммы факторов. Зависимость определяется уравнением:

$$D_0 = 0,8811 * \ln D_{1,3} - 1,0113, \quad r^2 = 0,97 \quad m_y = 0,15 \text{ см} \quad (3)$$

Объем сучьев в зависимости от таксационного диаметра деревьев и разряда высот был выровнен с помощью множественного регрессионного уравнения:

$$V_c = (0,001058 + 0,0050 \times \ln D_{1,3} - 0,00788 \times \ln R) / (1 - 0,2456 \times \ln D_{1,3} + 0,00542 \times \ln R), \quad r^2 = 0,90 \quad (4)$$

где: V_c – объем сучьев на древесном стволе, м³;

$D_{1,3}$ – диаметр ствола на высоте 1,3 м, см;

R – номер разряда высот древостоя по сортиментным таблицам (4–7).

Запас древесной массы сучьев, рассчитанный по формуле (4), приведен в таблице 1 как фрагмент дополнения к сортиментным таблицам притундровых ельников для VII разряда высот.

Таблица 1

Объемы сучьев древесных стволов ели по ступеням толщины для VII разряда высот

Диаметр, см	Высота, м	Объем ствола в коре, м ³	Объем сучьев в коре, м ³
8	6,2	0,018	0,001
12	8,5	0,051	0,003
16	10,6	0,11	0,006
20	12,6	0,19	0,012
24	14,4	0,31	0,018
28	16,0	0,46	0,025
32	17,5	0,65	0,036

Заключение

Древесина кроны ели является существенным дополнительным сырьевым ресурсом для биоэнергетики, механической и химической переработки, составляя от 5 до 8 % объема ствола. Затраты на получение этого ресурса не будут велики при условии сопутствия лесозаготовке.

Выявленные закономерности строения кроны ели позволяют получить дополнения к нормативам таксации сортиментной структуры насаждений. Это позволит вести точный учет всех доступных древесных ресурсов при лесоустройстве и лесоинвентаризации.

Публикация подготовлена по результатам НИР, выполненных в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований в сфере деятельности Федерального агентства лесного хозяйства «Создание и восстановление на сухопутной территории Арктики Российской Федерации многофакторных стационарных (постоянных) опытных лесных объектов» (регистрационный номер темы: 123022800118-4).

Е-mail автора для переписки: *s.koptev@narfu.ru*

Литература

1. Гусев, И.И. Объем сучьев и вес хвойной лапки в ельниках Севера/ И.И. Гусев, Н.Н. Соколов // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 1973. – № 3. – С. 26-29.
2. Гусев, И.И. Товарность северотаежных ельников / И.И. Гусев, С.В. Коптев // Повышение продуктивности северотаежных ельников. – Архангельск : АИЛиЛХ, 1992. – С. 56-66.
3. Коптев, С.В. Закономерности распределения сучьев по стволам ели / С.В. Коптев // Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции молодых ученых / ВНИИЛМ. – Пушкино, 1990. – С. 29.
4. Коптев, С.В. Фауна северотаежных ельников : материал технической информации / С.В. Коптев // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 1992. – № 6. – С. 20-27.
5. Коротяев, Л.В. Природные характеристики деревьев и хлыстов. Справочные материалы / Л.В. Коротяев. – Архангельск : Правда Севера, 1998. – 101 с.
6. Полубояринов, О.И. Плотность древесины / О.И. Полубояринов, – М. : Лесная промышленность, 1976. – 160 с.
7. ГОСТ 2140-81. Пороки древесины. Классификация, термины и определения, способы измерения: – Введ. 1982.- 01. - 01. – Москва: Издательство стандартов, 1982. – 111 с.
8. Ярославцев, С.В. Особенности строения ельников Крайнего Севера / С.В. Ярославцев // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 1992. – № 4. – С. 29-32.

DOI 10.21178/160524.176

УДК 630*2

Лесоводственно-экономическая оценка мер по сохранению ключевых биотопов на сплошных вырубках в Вологодской области

© С.А. Корчагов*, О.А. Конюшатов, Д.В. Беляков

Вологодская региональная лаборатория ФБУ «СевНИИЛХ», ул. Горького, 83А, Вологда, 160014, Россия

В ходе исследования на постоянных объектах определено видовое разнообразие и численность видов растений в сохранных ключевых биотопах на сплошных вырубках с избыточным увлажнением. Отмечены значительная представленность видов и наличие редких ценных видов в ключевых биотопах, что свидетельствует о необходимости их выделения и сохранения при планировании и проведении лесозаготовительных работ.

Расчет лесоводственно-экономической эффективности показал, что при реализации сценария с сохранением ключевых биотопов рентабельность заготовки древесины существенно не отличается от сценария без сохранения ключевых биотопов, что свидетельствует о целесообразности их сохранения при проведении сплошных рубок.

In the course of the study, the species diversity and abundance of plant species in the preserved key biotopes with excessive moisture. A significant representation of species and the presence of rare valuable species in key biotopes were noted, which indicates the need for their isolation and conservation in the planning and conduct of logging operations.

Calculation of silvicultural and economic efficiency showed that when implementing a scenario with the preservation of key biotopes, the profitability of wood harvesting does not differ significantly from the scenario without preserving key biotopes, which indicates the advisability of their conservation during clear-cutting.

Биологическое разнообразие является одной из важнейших характеристик живых систем на Земле. Оно включает разнообразие видов, генетическое разнообразие внутри видов и разнообразие экосистем. Биологическое разнообразие играет ключевую роль в поддержании экологического равновесия и обеспечении устойчивости жизни на планете.

Согласно Отчету о биоразнообразии и экосистемных услугах Межправительственной научно-политической платформы ООН [1] из-за воздействия человека на окружающую среду за последние полвека биоразнообразие Земли претерпело катастрофическое сокращение, беспрецедентное для человечества. Около 82 % биомассы диких млекопитающих утрачены, в то время как 40 % земноводных, почти треть рифовых кораллов, более трети морских млекопитающих и 10 % всех насекомых находятся под угрозой исчезновения. Дальнейшее сокращение биоразнообразия может привести к дестабилизации биоты, утрате целостности биосферы и ее способности поддерживать важнейшие характеристики среды. В связи с этим вопрос сохранения биологического разнообразия имеет особую актуальность.

Сохранение видового разнообразия на уровне ландшафтов, уровне сообществ и локальном уровне регламентировано рядом национальных нормативно-правовых актов [2-8]. Одним из путей сохранения биоразнообразия в ходе лесозаготовительных работ на

локальном уровне является выделение и сохранение ключевых биотопов – участков леса, имеющих важное значение для сохранения местообитаний видов флоры и фауны, в которых не проводятся хозяйственные мероприятия [9, 10]. К числу документов, рассматривающих вопросы выделения и сохранения ключевых биотопов, кроме выше указанных, относятся лесохозяйственные регламенты лесничеств, проекты освоения лесов и технологические карты лесосечных работ.

Анализ нормативно-правовой базы в области сохранения биоразнообразия лесов показал, что в целом современная ситуация в России характеризуется сравнительно развитым законодательством, однако в ряде случаев существуют определенные проблемы с выполнением утвержденных законов и подзаконных актов. Проведенное нами полевое обследование 46 разрабатываемых сплошными рубками лесосек в условиях Вологодской области позволило сделать вывод, что нормативы по сохранению мест обитания редких и исчезающих видов растений и животных нарушаются в 96 % случаев, что является весьма высоким негативным показателем. Часто работники лесозаготовительных бригад не ознакомлены с требованиями действующего законодательства в части сохранения локальных объектов биологического разнообразия и не выполняют их на практике [11].

Цель исследования – дать лесоводственно-экономическую оценку мер по сохранению биологического разнообразия при заготовке древесины сплошными рубками в Вологодской области.

Исследования проведены на постоянных объектах, заложенных сотрудниками Вологодской региональной лаборатории ФБУ «СевНИИЛХ» в границах Вологодской области (Вологодский и Грязовецкий районы). Объекты находятся на лесосеках, предназначенных для проведения сплошных рубок (пройденных сплошными рубками), с наличием потенциальных (сохраненных) ключевых местообитаний.

Анализ Красной книги Вологодской области [12] показал, что из 76 видов лесных растений, занесенных в Красную книгу, 68 видов (89 %) приурочено к участкам леса с избыточным увлажнением. Этот факт предопределил выбор объектов исследования. В числе ключевых биотопов с постоянным избыточным увлажнением рассмотрены заболоченные участки леса в бессточных понижениях (объекты «Кубенское» и «Палкино») и участки леса на окраинах болот (объект «Ермолино»), в качестве биотопов с временным избыточным увлажнением – участки леса вдоль временных водных объектов (объекты «Новленское» и «Кубено-Озерский»), (табл. 1).

Таблица 1

Реестр объектов исследования

Название объекта	Тип ключевого биотопа	Площадь, га	
		лесосеки (вырубки)	ключевого биотопа
Участки с постоянным избыточным увлажнением			
«Кубенское»	Заболоченный участок леса в бессточном понижении	23,1	1,80
«Палкино»		16,6	1,50
«Ермолино»	Участок леса на окраине болота	10,8	0,28
Участки с временным избыточным увлажнением			
«Кубено-Озерский»	Участок леса вдоль временного водного объекта	20,2	1,30
«Новленское»		8,0	1,50

Методика исследования основывалась на общепринятых лесоводственно-таксационных и эколого-биологические подходах [13-15]. При полевых работах выполнялась таксация древостоя на постоянных объектах с учетом требований ОСТ 56-69-84 [16], учет подроста и подлеска, детальное описание живого напочвенного покрова (с использованием шкалы Друде). Индекс видового сходства (индекс Жаккара) рассчитывался по методике, изложенной А.С. Боголюбовым [17]. На основе материалов

полевых исследований выполнены расчеты товарно-сортиментной структуры древостоев в ключевых биотопах и на прилегающих лесосеках. Результаты товаризации насаждений послужили основанием для определения затрат на заготовку древесины и стоимости ее реализации, а также расчета прибыли от проведения лесозаготовительных работ и обоснования их рентабельности по общеизвестным формулам.

Публикация подготовлена по результатам исследований, выполненных в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований. Регистрационный номер темы: 123030200023-2 «Лесоводственно-экологическая оценка эффективности применения мер по сохранению биологического разнообразия при использовании лесов в таежной зоне».

В результате исследования выявлено, что в рассмотренных ключевых биотопах с наличием временного и постоянного избыточного увлажнения, в сравнении с примыкающей лесосекой, к возрасту спелости сформировались сложные по составу и строению древостои. Кроме того, в биотопах наиболее широко представлено флористическое разнообразие в сравнении с примыкающими древостоем и вырубкой 4-5-летней давности (табл. 2).

Таблица 2

Флористическое разнообразие в различных элементах объектов исследования

Название объекта	Встречаемость видов растений, шт.		
	Ключевой биотоп	Прилегающие	
		вырубка	древостой
Участки с постоянным избыточным увлажнением			
«Кубенское»	31	18	14
«Палкино»	36	Вырубка не проведена	14
«Ермолино»	15	Вырубка не проведена	11
Участки с временным избыточным увлажнением			
«Кубено-Озерский»	32	23	21
«Новленское»	45	19	24

Небольшая величина индекса Жаккара, составляющая 0,11-0,26, свидетельствует о том, что исследованные типы ключевых биотопов и примыкающие к ним участки включают незначительное количество общих видов растений, характерных для этих фитоценозов. Полученные результаты объясняются экотонным (краевым или приграничным) эффектом, который заключается в увеличении видового разнообразия в переходной зоне между двумя биологическими сообществами, где они встречаются и интегрируются [18].

Следует также отметить, что только в ключевых биотопах были выявлены редкие (Лобария лёгочная (*Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm, Камыш укореняющийся (*Scirpus radicans* Schkuhr) и уязвимые (Некера перистая (*Neckera pennata* Hedw.) виды растений, занесенные в Красную книгу Вологодской области [12], а также виды, характерные для зоны широколиственных лесов – Клен остролистный (*Acer platanoides* L.) и Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), Липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill). В границах биотопов видовое разнообразие представлено в большей степени в периферийной (буферной) зоне, в сравнении с его ядром, о чем ранее говорилось в наших и других публикациях [19-22].

Таким образом, результаты исследования подтверждают более высокий уровень видового разнообразия в сохраненных ключевых биотопах в сравнении с примыкающим древостоем и вырубкой. Это свидетельствует о лесоводственно-экологической и природоохранной ценности исследуемых ключевых биотопов, их выделение в ходе проведения сплошных рубок позволяет получить лесоводственный эффект.

При принятии решений по сохранению локальных объектов биологического разнообразия при сплошных рубках, основанных на лесоводственной оценке, важное значение приобретает экономическая оценка результата (эффекта) от проведения таких мероприятий. Как правило, при сопоставлении различных сценариев развития выигрывают предлагаемые экономически выгодные проекты. В связи с этим, при оценке эффективности мер по сохранению ключевых биотопов на этапах обоснования и реализации сплошных рубок следует наиболее полно идентифицировать выгоды от сохранения биоразнообразия, связанные как с прямой потребительной стоимостью, так и со стоимостью «неиспользования» природного ресурса [23].

Результаты исследования товарной структуры свидетельствуют, что в ключевых биотопах с временным и постоянным избыточным увлажнением наблюдается меньший выход деловой древесины и, как правило, более низкий класс товарности древостоя (табл. 3).

Таблица 3

Товарная структура древостоя в различных элементах объектов исследования

Показатели	Наименование объекта									
	«Кубенское»		«Палкино»		«Ермолино»		«Новленское»		«Кубено-Озерский»	
	Лесо-сека	Био-топ	Лесо-сека	Био-топ	Лесо-сека	Био-топ	Лесо-сека	Био-топ	Лесо-сека	Био-топ
Ликвидная древесина, м ³ /га	<u>210,7</u>	<u>203,8</u>	<u>261,5</u>	<u>166</u>	<u>224,5</u>	<u>354,3</u>	<u>294,0</u>	<u>328,6</u>	<u>223,6</u>	<u>126,9</u>
%	90,4	88,2	89,7	87,7	90,2	88,4	90,7	89,6	93,0	87,8
Деловая древесина, м ³ /га	<u>151,6</u>	<u>90,5</u>	<u>112,2</u>	<u>63,3</u>	<u>129,6</u>	<u>149,3</u>	<u>201,5</u>	<u>162,6</u>	<u>159,7</u>	<u>60,8</u>
%	65,1	39,2	38,5	33,5	52,1	37,3	62,2	44,3	66,4	42,0
Дровяная древесина, м ³ /га	<u>59,1</u>	<u>113,3</u>	<u>149,3</u>	<u>102,7</u>	<u>94,9</u>	<u>205,0</u>	<u>92,5</u>	<u>166,0</u>	<u>63,9</u>	<u>66,1</u>
%	25,3	49,0	51,2	54,2	38,1	51,1	28,5	45,3	26,6	45,8
Отходы, м ³ /га	<u>22,5</u>	<u>27,2</u>	<u>29,9</u>	<u>23,3</u>	<u>24,5</u>	<u>46,4</u>	<u>30,0</u>	<u>38</u>	<u>17,0</u>	<u>17,7</u>
%	9,6	11,8	10,3	12,3	9,8	11,6	9,3	10,4	7,0	12,2
Класс товарности	II	III	III	III	II	III	II	III	II	III

В ключевых биотопах и на прилегающих лесосеках возможно получение из деловой части стволов сосновых и еловых бревен для распиловки и строгания, березового фанерного кряжа, а также хвойных и лиственных балансов. При их заготовке (франко-лесосека) в границах лесосеки, как без сохранения ключевых биотопов, так и с их сохранением, возможно получение экономической прибыли (табл. 4).

Расчет экономической эффективности показал, что при реализации сценария с сохранением ключевых биотопов в условиях избыточного увлажнения показатель рентабельности заготовки древесины существенно не отличается от сценария без сохранения ключевых биотопов, что свидетельствует об экономической целесообразности сохранения рассмотренных ключевых биотопов при организации и проведении сплошных рубок.

Таблица 4

Рентабельность проведения сплошных рубок без сохранения и с сохранением ключевых биотопов на объектах с временным и постоянным избыточным увлажнением

Название объекта	Сценарий	Стоимость *, руб. (франко-лесосека)		Чистая прибыль, руб.	Рентабельность %
		реализации древесины	затрат на отвод, таксацию и заготовку древесины		
Участки леса с временным избыточным увлажнением					
«Новленское»	Без сохранения биотопа	8722550	3412800	5309750,0	60,9
	С сохранением биотопа	7725130	2897955	4827175,0	62,5
«Кубено-Озерский»	Без сохранения биотопа	8492940	5084235	3408705,0	40,1
	С сохранением биотопа	8214540	4913325	3301215,0	40,2
Участки леса с постоянным избыточным увлажнением					
«Кубенское»	Без сохранения биотопа	8238470	5550300	2688170,0	32,6
	С сохранением биотопа	7749120	5168400	2580720,0	33,3
«Палкино»	Без сохранения биотопа	7599540	5110290	2489250,0	32,8
	С сохранением биотопа	7267940	4851540	2416400,0	33,2
«Ермолино»	Без сохранения биотопа	5550290	2897301	2652989,0	47,8
	С сохранением биотопа	5404900	2793645	2611255,0	48,3

Примечание. *Стоимость затрат на отвод, таксацию лесосек и заготовку древесины, а также ее реализацию, принята по усредненным данным для 25 предприятий Вологодской области на 01.02.2024 г. В расчетах использованы данные по заготовке древесины с использованием лесозаготовительного комплекса (харвестр и форвардер).

Таким образом, сохранение в ходе сплошных рубок ключевых биотопов в виде участков леса вдоль временных водных объектов, заболоченных участков леса в бессточных понижениях, участков на окраинах болот, с наличием временного и постоянного избыточного увлажнения в границах Вологодской области, является эффективным мероприятием с лесоводственной и экономической точки зрения. Кроме того, следует помнить, что в случае заготовки древесины в границах таких ключевых биотопов высока вероятность аварийных ситуаций для работников лесозаготовительных бригад и лесозаготовительной техники из-за сложности рельефа и переувлажненности лесных почв с низкой несущей способностью. Кроме того, вырубка ключевых биотопов будет являться нарушением требований действующего лесного законодательства.

*E-mail автора для переписки: korchagov@sevniilh-arh.ru

Литература

1. Отчет о глобальной оценке биоразнообразия и экосистемных услуг URL: https://alphapedia.ru/w/Global_Assessment_Report_on_Biodiversity_and_Ecosystem_Services, свободный (дата обращения: 15.01.2024).

2. Национальная Стратегия сохранения биоразнообразия России / Министерство природных ресурсов Российской Федерации – Москва, 2001. – 75 с.

3. Российская Федерация. Законы. О ратификации Конвенции о биологическом разнообразии»: федер. закон от 17.02.1995 № 16-ФЗ : принят Гос. Думой 20 янв. 1995 г.: одобрен

- Советом Федерации 09 февр. 1995 г. - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15582/ (дата обращения 08.11.2023).
4. Российская Федерация. Законы. Лесной кодекс Российской Федерации: федер. закон от 04.12.2006 № 200-ФЗ : принят Гос. Думой 8 нояб. 2006 г. : одобрен Советом Федерации 24 нояб. 2006 г. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ (дата обращения 08.11.2023).
5. Российская Федерация. Законы. Об охране окружающей среды: федер. закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ : принят Гос. Думой 20 дек. 2001 г. : одобрен Советом Федерации 26 дек. 2001 г. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения 08.11.2023).
6. Российская Федерация. Приказ Министерства природных ресурсов РФ от 01.12.2020 г. № 993 «Об утверждении Правил заготовки древесины и особенностей заготовки древесины в лесничествах, лесопарках, указанных в статье 23 Лесного кодекса Российской Федерации» (Зарегистрировано в Минюсте России 18.12.2020 № 61553). – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_371476/ (дата обращения: 08.11.2023).
7. Российская Федерация. Законы. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях: федер. закон от 10.01.2022 № 7-ФЗ : принят Гос. Думой 20 дек. 2001 г.: одобрен Советом Федерации 26 дек. 2021 г. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661/ (дата обращения: 08.11.2023).
8. Российская Федерация. Законы. Уголовный кодекс Российской Федерации: федер. закон от 13.06.1996 № 63-ФЗ : принят Гос. Думой 24 мая 1996 г.: одобрен Советом Федерации 05 июня 1996 г. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_10699/ (дата обращения: 08.11.2023).
9. Rydgren, B. Experiences from five years of using the biotope method, a tool for quantitative biodiversity impact assessment / B. Rydgren, L. Kyläkorpi, B. Bodlund, A. Ellegård, E. Grusell, S. Miliander // Impact Assessment and Project Appraisal. – 2005. – № 23 (1). – P. 47-54. – <https://doi.org/10.3152/147154605781765760>.
10. Паутов, Ю.А. К практике сохранения биологического разнообразия при лесосечных работах / Ю.А. Паутов, О.А. Конюшатов, Т.О. Яницкая // Устойчивое лесопользование. – 2010. – № 1 (23). – С. 22-27.
11. Корчагов, С.А. Повышение эффективности лесопользования в таежной зоне Европейской части России / С.А. Корчагов, Н.А. Бабоч, И.Н. Лупанова. – Вологда : с. Молочное, Вологодская обл.: Вологодская ГМХА им. Н.В. Верещагина, 2018. – 129 с.
12. Красная книга Вологодской области. Том 2. Растения и грибы / Отв. ред. Конечная Г.Ю., Сулова Т.А. – Вологда : ВГПУ, изд-во «Русь», 2004. – 360 с.
13. Орлова, Н.И. Определитель высших растений Вологодской области / Н.И. Орлова. – Вологда : ВГПУ, изд-во «Русь», 1997. – 264 с.
14. Наквасина, Е.Н. Полевой практикум по почвоведению / Е.Н. Наквасина, В.С. Серый, Б.А. Семёнов. – Архангельск : АГТУ, 2007. – 127 с.
15. Шайхутдинова, А.А. Методы оценки биоразнообразия : Методические указания / А.А. Шайхутдинова / Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2019. – 37 с.
16. ОСТ 56-69-83 Площади пробные лесоустroительные. Метод закладки. —М. : ЦБМТлесхоз, 1983. – 59 с.
17. Боголюбов, А.С. Простейшие методы статистической обработки результатов экологических исследований / А.С. Боголюбов. – М. : Экосистема, 1998. – 13 с.
18. Корляков, К.А. Основные положения теории экотонных экосистем / К.А. Корляков // Вестник совета молодых учёных и специалистов Челябинской области. – 2019. – Т. 1, № 4 (27). – С. 3-10.
19. Беляков, Д.В. Сохранение биологического разнообразия при лесопользовании в таежной зоне / Д.В. Беляков, С.А. Корчагов, О.А. Конюшатов, С.Е. Грибов // Актуальные проблемы развития лесного комплекса : материалы XXI Международной научно-технической конференции (Вологда, 5 декабря 2023 г.). – Вологда : ВоГУ, 2023. – С. 14-17.
20. Беляков, Д.В. Встречаемость видов растений в ключевых биотопах таежной зоны / Д.В. Беляков, О.А. Конюшатов, С.А. Корчагов, С.Е. Грибов // Сохранение биоразнообразия и рациональное ведение лесного хозяйства: опыт, проблемы перспективы. Всероссийская научно-практическая конференция, Пенза, декабрь 2023 – Пенза, 2023. – С. 17-21
21. Oldén, A. The effect of buffer strip width and selective logging on streamside plant communities / A. Oldén, V.A.O. Selonen, E. Lehtonen, J.S. Kotiaho // BMC Ecology. – 2019. – Vol. 19.

– Article number 9. – P. 1-9. – URL: <https://bmcecol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12898-019-0225-0>.

22. Ring, E. A snapshot of forest buffers near streams, ditches, and lakes on forest land in Sweden – lessons learned / E. Ring, F. Johansson, C. von Brömssen, I. Bergkvist // *Silva Fennica*. – 2022. – Vol. 56. – No. 4. – Article id 10676. – P. 20. – <https://doi.org/10.14214/sf.10676>.

23. Шимова, О.С. Экономическая эффективность мероприятий по сохранению биологического разнообразия / О.С. Шимова, О.Н. Лопачук, В.М. Байчоров / под общ. ред. О.С. Шимовой. – Минск : Беларус. наука, 2010. – 123 с.

DOI 10.21178/160524.183

УДК 332.1

Организационно-экономический механизм реализации лесоклиматических проектов по воспроизводству природного капитала лесов

© Д.К. Кузнецов*, В.А. Орбинский

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»,
улица Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, 394087, Россия*

В рамках настоящей статьи рассматриваются вопросы механизмов реализации лесоклиматических проектов, в том числе, связанных с воспроизводством природного капитала лесов. В ходе работы построены диаграммы декомпозиции процессов реализации лесоклиматических проектов на основе подхода национального законодательства и подхода, связанного со стандартами. В результате работы обобщены основные представления об организационных и экономических аспектах механизма реализации лесоклиматических проектов по воспроизводству природного капитала лесов.

Within the framework of this article, the issues of mechanisms for the implementation of forest climate projects, including those related to the reproduction of the natural capital of forests, are considered. In the course of the work, decomposition diagrams of the processes of implementing forest climate projects were constructed based on the approach of national legislation and the approach related to standards. As a result of the work, the main ideas about the organizational and economic aspects of the mechanism for the implementation of forest climate projects for the reproduction of the natural capital of forests are summarized and systematized.

Актуальность настоящей работы обусловлена необходимостью систематизации представлений и результатов научных исследований о реализации лесоклиматических проектов по воспроизводству природного капитала лесов с точки зрения экономического механизма низкоуглеродного развития.

Ранее в работе [8] была изложена экономическая концепция реализации лесоклиматических проектов в целом, а также лесоклиматических проектов по воспроизводству природного капитала лесов, в частности. Определены основные принципы и типы лесоклиматических проектов, установлены основные процессы их реализации, результаты и эффекты, уточнены подходы к базовой линии проектов в рамках различных стандартизированных процедур.

Лесоклиматические проекты представляют собой добровольные проекты, направленные на сокращение выбросов и увеличение поглощения парниковых газов в лесах, реализуемые различными физическим и юридическими лицами с учётом положений национального законодательства и стандартов. Лесоклиматические проекты по воспроизводству природного капитала лесов ориентированы на реализацию дополнительных мероприятий по повышению абсорбции парниковых газов [4] путём, прежде всего, лесохозяйственных мероприятий по лесовосстановлению и лесоразведению.

При этом, в настоящее время подход, основанный на национальных условиях (законодательстве), а также подход, основанный на стандартах, имеют различия, связанные с организационным механизмом реализации лесоклиматических проектов по воспроизводству природного капитала лесов.

Согласно первому из них, отраженному в Федеральном законе от 2 июля 2021 г. № 296-ФЗ [12] исполнитель климатического проекта по его итогам получает углеродные единицы (рис. 1), что, в первую очередь характеризует такие проекты с точки зрения инвестиционной привлекательности.

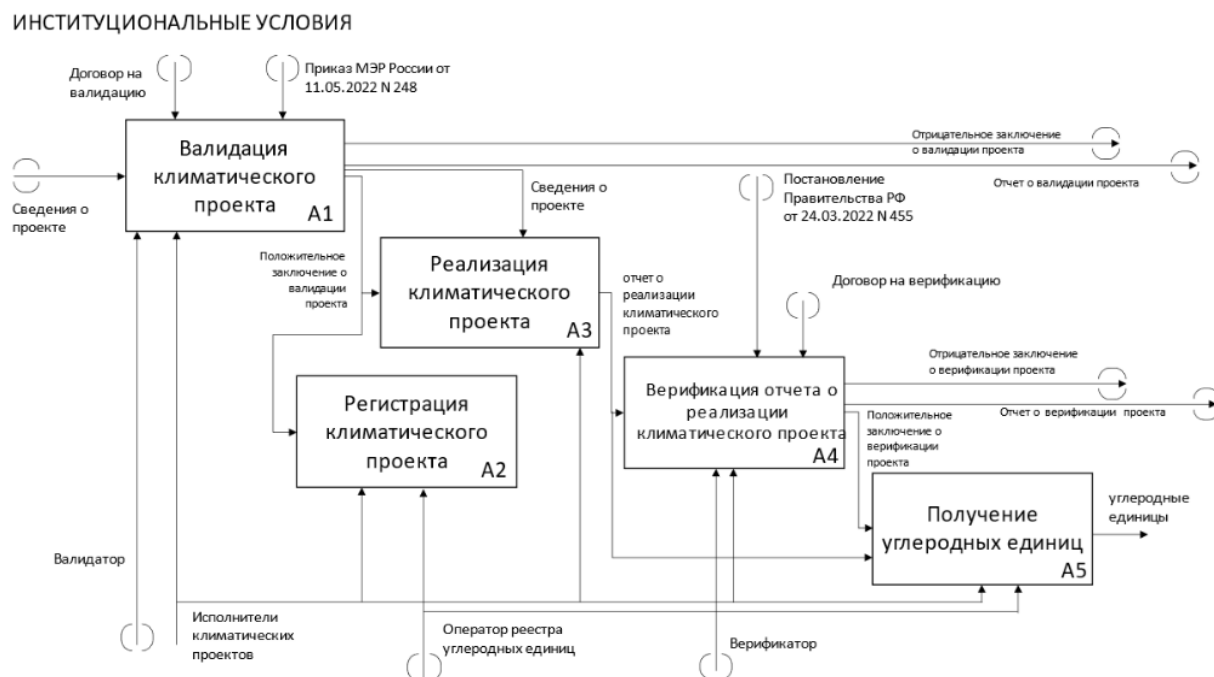


Рис. 1. IDEF0-диаграмма [2] декомпозиции процесса реализации лесоклиматических проектов (институциональные условия)

Представленный подход позволяет рассмотреть процесс с организационной точки зрения. Всего было выделено пять подпроцессов реализации лесоклиматических проектов (как и остальных видов климатических проектов): валидация, регистрация, непосредственная реализация, верификация и выпуск углеродных единиц.

В рамках подпроцесса валидации, по сути, закреплены следующие процедуры: заключение договора о валидации; оценка и подтверждение соответствия проекта критериям отнесения проектов, реализуемых юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями или физическими лицами, к климатическим проектам; подготовка отчета о валидации, включающего в себя заключение о валидации проекта.

Процедура заключения договора о валидации основывается на добровольном намерении исполнителя проекта провести такую процедуру. Форма договора о валидации не устанавливается, как и порядок его заключения. В договоре участвуют две стороны – орган по валидации и исполнитель проекта (который после прохождения процедуры может стать климатическим). При этом, организация, которая является органом по валидации, должна иметь соответствующую государственную аккредитацию.

Результатом упомянутой процедуры является заключенный договор о валидации, который регулирует дальнейшее взаимодействие исполнителя проекта и органа по валидации. Исполнитель проекта направляет в орган по валидации сведения о проекте, при этом проектная документация должна включать перечень сведений, предусмотренный приказом Минэкономразвития России от 11 мая 2022 г. № 248 [9]. Дополнительная

информация о проекте может быть представлена в орган по валидации в случае, если это оговорено в соответствующем договоре.

Следующим этапом реализации климатических проектов является их регистрация в реестре углеродных единиц. При этом, для того, чтобы провести регистрацию исполнитель климатического проекта должен в установленном порядке открыть счёт в реестре углеродных единиц, заключить по типовой форме договор с оператором реестра углеродных единиц по оказанию услуг в указанном реестре, а также предоставить оператору реестра углеродных единиц заявление о регистрации климатического проекта с приложенным к нему положительным заключением о валидации проекта.

Вместе с тем, обязательность регистрации климатического проекта в реестре углеродных единиц не обусловлена и не установлена ни одним из нормативных правовых актов. Однако, ситуация предоставления отчетов о реализации климатических проектов для незарегистрированных климатических проектов институционально не рассматривается. После регистрации климатический проект отображается в реестре углеродных единиц.

Сама реализация климатических проектов не регламентируется законодательством Российской Федерации, за исключением вопросов, связанных с подготовкой проектной документации. При этом, контроль за реализацией мероприятий в рамках проектов не предусмотрен помимо верификации результатов реализации климатических проектов.

Верификация результатов реализации климатических проектов производится, аналогично валидации, на договорной основе. Результатом верификации является отчет о верификации, который содержит в себе заключение о верификации проекта. Соответственно, отчет о верификации, содержащий в себе положительное заключение о верификации, является основанием для выпуска в обращение углеродных единиц.

При этом, выпуск углеродных единиц не означает завершения лесоклиматического проекта. В связи с этим, следует рассмотреть второй подход к реализации таких проектов, а именно, подход, основанный на стандартах (рис. 2).

ГОСТ Р ИСО 14064 -2-2021



Рис. 2. IDEF0-диаграмма декомпозиции процесса реализации лесоклиматических проектов (условия стандартов)

В соответствии с приведенной диаграммой следует отметить, что, в отличие от институционального регулирования, которое декомпозировалось на пять этапов, в этой

ситуации выделяется только два, а именно: планирование реализации климатического проекта и его выполнение [1]. Вместе с тем, в схеме стандарта регистрация климатического проекта является обязательным этапом до начала реализации климатического проекта. А результатом реализации климатического проекта являются не углеродные единицы (как выгода исполнителя от реализации проекта), а проект сам по себе, как общественно значимое благо. Вместе с тем, в самом стандарте не описана процедура регистрации проекта, не приводится взаимосвязь между валидацией и регистрацией климатического проекта. Более подробно авторский взгляд на подход в рамках стандарта ГОСТ Р ИСО 14064-2-2021 изложен в работе [3].

После реализации климатического проекта подготавливается итоговый отчет, который подлежит верификации. При этом, верификация как отдельный подпроцесс в стандарте не упоминается. Верифицированный отчет о реализации климатического проекта является основанием для получения углеродных единиц.

Следует отметить, что в предложенной схеме существует такая операция как «сертификация» углеродных единиц, которая не предусмотрена действующими законодательными нормами, поэтому не в полной мере поддается сравнительному анализу.

Ни стандартами, ни национальным законодательством в области ограничения выбросов парниковых газов не регулируется вопрос о дальнейших действиях после реализации климатических проектов, что также составляет неопределенность их реализации. Вместе с тем, соответствующий проект федерального закона «О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации» [10] предполагает учёт результатов реализации лесоклиматических проектов при проведении дальнейших лесохозяйственных мероприятий.

Обобщая изложенное, следует отметить, что процедура реализации лесоклиматических проектов с организационной точки зрения регулируется соответствующим национальным законодательством, а также стандартами. При этом, существует несогласованность перечисленных подходов к реализации лесоклиматических проектов, что может вызвать неопределенность при проведении процедур валидации, регистрации и верификации таких проектов.

С экономической точки зрения изложенные подходы следует отнести к процессу «Производства» - то есть формированию добавленной стоимости. Основу экономического процесса «Производства» составляют его общеизвестные в экономической науке факторы (экономические ресурсы): труд, земля, капитал [11], а также, в различных ситуациях, такими факторами выступают информация [5] и предпринимательские способности [6].

В этих целях необходимо описать факторы «Производства» применительно к реализации лесоклиматических проектов.

Основу экономического ресурса «труд» при реализации лесоклиматических проектов составляют, во-первых, сотрудники соответствующих структурных подразделений компании, которая реализует лесоклиматический проект, во-вторых, сотрудники подрядной организации, которая непосредственно осуществляет лесохозяйственные мероприятия, в случае, если для исполнителя проекта лесное хозяйство не является профильной деятельностью, в-третьих, сотрудники подрядных организаций, подготавливающих проектную документацию.

Помимо этого, в рамках процессов валидации и верификации задействованы трудовые ресурсы органов по валидации и верификации, а при регистрации проекта и выпуске углеродных единиц – трудовые ресурсы оператора реестра углеродных единиц.

В качестве экономического ресурса «земля» выступают, в первую очередь, непосредственно земельные участки, на которых реализуются лесоклиматические проекты. При этом, в качестве сырья могут выступать как используемые при проведении работ горюче-смазочные материалы, топливо, так и саженцы, сеянцы лесных насаждений (как непосредственно природные ресурсы или переработанные природные ресурсы),

соответствующие расходные материалы, из которых с помощью факторов «труда» и «капитала» создаётся добавленная стоимость.

Экономический ресурс «капитал» предполагает использование лесохозяйственной техники, иных средств труда для реализации лесоклиматических проектов (осуществления лесохозяйственных мероприятий), лесной инфраструктуры.

Двойственность экономического ресурса «информация» позволяет трактовать его использование как применение при реализации лесоклиматических проектов различных патентов, а также как прозрачность процесса государственного и рыночного регулирования реализации лесоклиматических проектов.

Экономический ресурс «предпринимательские способности», выделяемый некоторыми авторами, представляет собой непосредственную инициативу по реализации лесоклиматических проектов, которые, несмотря на свою долгосрочность, не могут быть отнесены к венчурным, ввиду наличия гарантированного результата (углеродных единиц).

Помимо экономического процесса «Производства» также следует отметить процессы «Распределения», «Обмена» и «Потребления». «Распределение» представляет собой двойственное распределение, во-первых, средств труда и предметов труда с точки зрения собственности, во-вторых, результатов труда. Так, экономические ресурсы «Производства» могут находиться в собственности исполнителя лесоклиматического проекта, могут быть арендованы им. В рамках проекта могут использоваться средства труда и предметы труда, находящиеся в государственной (федеральной) собственности, собственности субъектов Российской Федерации, муниципальных образований. При этом результаты труда при реализации лесоклиматических проектов являются исключительной собственностью исполнителя лесоклиматического проекта, в случае, если под такими результатами понимаются углеродные единицы. В обратном случае, когда под результатами проекта подразумевается непосредственно завершенный проект, все использованные экономические ресурсы и преобразованный лесной участок не меняют своих собственников. То есть, леса, выращенные на лесном участке, находившимся в федеральной собственности, остаются в федеральной собственности.

В случае лесоклиматических проектов, экономические процессы «Обмена» и «Потребления» могут выступать как в качестве взаимодополняющих, так и в качестве альтернативных.

Так, в первом случае, полученные углеродные единицы могут быть проданы в рамках биржевых торгов – до настоящего времени единственным механизмом обмена результатами реализации лесоклиматических проектов. Соответственно, покупатель углеродных единиц может использовать их для собственного потребления – снизить углеродный след производимой продукции, компенсировать собственные выбросы парниковых газов, избегая, при этом, дополнительных штрафных санкций. В таком случае реализуется сначала процесс «Обмена», затем – «Потребления» со стороны покупателя углеродных единиц. Со стороны продавца углеродных единиц реализуется только процесс «Обмена». Во втором случае процесс «Потребления» реализуется непосредственно для собственных нужд исполнителя лесоклиматического проекта с теми же целями по сокращению углеродного следа. При этом, в таком случае возникает дилемма о необходимости продажи углеродных единиц или использования их в собственных интересах.

Изложенное позволяет сформировать матрицу экономических процессов и реализации лесоклиматических проектов (табл. 1-2).

При рассмотрении финансового вопроса, следует отметить, что инвестиционные затраты на лесоклиматические проекты по воспроизводству природного капитала лесов формируются с учётом представленных в настоящей работе подпроцессов. Так, в рамках валидации и верификации, инвестиционные затраты являются единовременными, и формируются на основании договорных рыночных отношений с органами по валидации и верификации. Аналогичная ситуация существует и с затратами на регистрацию проекта, а также на выпуск углеродных единиц, за исключением условий государственного

регулирования максимальных цен на услуги оператора реестра углеродных единиц. Инвестиционные затраты в рамках подпроцесса реализации лесоклиматического проекта по воспроизводству природного капитала лесов, напротив, являются ежегодными (операционными) и включают в себя затраты на проведение работ по лесовосстановлению и лесоразведению [7]. При этом, все указанные инвестиционные затраты относятся к затратам частного сектора.

Таблица 1

Матрица экономических процессов и реализации лесоклиматических проектов при подходе, основанном на национальном законодательстве

Процессы реализации лесоклиматических проектов	Производство	Распределение	Обмен	Потребление
Валидация	+	-	-	-
Непосредственное осуществление лесохозяйственных мероприятий	+	-	-	-
Верификация	+	+	-	-
Выпуск углеродных единиц	+	+	-	-
Регистрация проекта	+	-	-	-
Обращение углеродных единиц	-	+	+	+

Таблица 2

Матрица экономических процессов и реализации лесоклиматических проектов при подходе, основанном на стандартах

Процессы реализации лесоклиматических проектов	Производство	Распределение	Обмен	Потребление
Планирование проекта	+	-	-	-
Выполнение проекта	+	+	-	-
Обращение углеродных единиц	-	+	+	+

Изложенное позволяет говорить о становлении в институциональной среде организационно-экономического механизма реализации лесоклиматических проектов по воспроизводству природного капитала лесов.

Таким образом, современный организационно-экономический механизм реализации лесоклиматических проектов по воспроизводству природного капитала лесов основывается на двух подходах: на национальном законодательстве и на подходе, связанном со стандартами. В целом, процесс реализации лесоклиматических проектов по воспроизводству природного капитала лесов организационно описывается как последовательная совокупность процедур валидации, регистрации, реализации проекта, верификации его результатов и выпуска углеродных единиц. С экономической точки зрения выделяются инвестиционные затраты (как единовременные, так и операционные), потенциальный доход в рамках экономического процесса «Обмена» углеродных единиц. В дальнейших исследованиях целесообразно отдельно рассмотреть такой феномен как сохранение существующих норм прибыли при компенсации собственных выбросов парниковых газов за счёт углеродных единиц, полученных по результатам лесоклиматических проектов.

Настоящая работа выполнена в рамках государственного задания (рег. номер 1023082800016-9-6.5.1)

Литература

1. ГОСТ Р ИСО 14064-2-2021 Газы парниковые. Часть 2. Требования и руководство по количественному определению, мониторингу и составлению отчетной документации на проекты сокращения выбросов парниковых газов или увеличения их поглощения на уровне проекта = Greenhouse gases. Part 2. Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements: национальный стандарт Российской Федерации: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 сентября 2021 г. № 1030-ст: введен взамен ГОСТ Р ИСО 14064-2-2007 : дата введения 2022-01-01 / подготовлен Обществом с ограниченной ответственностью «НИИ экономики связи и информатики «Интерэкомс» (ООО «НИИ «Интерэкомс») совместно с Федеральным государственным автономным учреждением «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики» (ФГАУ «НИИ «ЦЭПП») / Официальный сайт реестра углеродных единиц. – URL: <https://carbonreg.ru/pdf/стандарты/ГОСТ%20Р%20ИСО%2014064-2-2021.pdf> (дата обращения: 13.11.2022) – Текст: электронный.
2. Заплатников, П.В. Применение нотации IDEF0 для оптимизации бизнес-процессов производственного предприятия / П.В. Заплатников. – Текст: электронный // Вестник науки. – 2020. – № 6 (27). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-notatsii-idef0-dlya-optimizatsii-biznes-protsessov-proizvodstvennogo-predpriyatiya> (дата обращения: 15.04.2024).
3. Кузнецов, Д.К. Институционально-экономический аспект реализации климатических проектов в лесах / Д. К. Кузнецов // Менеджер года-2023 : материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 31 марта 2023 года. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 120-126. – DOI 10.58168/MY2023_120-126. – EDN ONIIE.
4. Кузнецов, М.Е. Перспектива инвестирования в лесоклиматические проекты в России / М.Е. Кузнецов, М.И. Никишова, А.В. Стеценко // Экономическая политика. – 2022. – № 5. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektiva-investirovaniya-v-lesoklimaticheskie-proekty-v-rossii> (дата обращения: 20.04.2024).
5. Линников, А.С. Некоторые особенности информации как экономического ресурса в современном обществе / А.С. Линников // Образование и право. – 2018. – № 4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-osobennosti-informatsii-kak-ekonomicheskogo-resursa-v-sovremennom-obschestve> (дата обращения: 28.03.2024).
6. Матвеев, В.В. Производительные силы: стратегический фактор инновационного развития территорий / В.В. Матвеев. – Текст: электронный // Вестник Удмуртского университета. Серия «Экономика и право». – 2022. – № 5. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proizvoditelnye-sily-strategicheskij-faktor-innovatsionnogo-razvitiya-territorii> (дата обращения: 28.03.2024).
7. Морковина, С.С. Управление реализацией лесоклиматических проектов в РФ: перспективы и риски / С.С. Морковина, Е.А. Панявина, И.С. Зиновьева. – Текст: электронный // ЕГИ. – 2022. – № 40 (2). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-realizatsiey-lesoklimaticheskikh-proektov-v-rf-perspektivy-i-riski> (дата обращения: 18.04.2024).
8. Морковина, С.С. Экономика «климатических проектов в лесах» как составляющая низкоуглеродного развития: анализ феномена / С.С. Морковина, Д.К. Кузнецов // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2023. – № 2. – С. 99-113. – DOI 10.21178/2079-6080.2023.2.99. – EDN HFWYAC.
9. Об утверждении критериев и порядка отнесения проектов, реализуемых юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями или физическими лицами, к климатическим проектам, формы и порядка представления отчета о реализации климатического проекта : Приказ Минэкономразвития России от 11 мая 2022 г. № 248 // КонсультантПлюс : офиц. сайт / Компания «КонсультантПлюс». – Электрон. справ. правовая система. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_418257/ (дата обращения: 15.03.2024)..
10. О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации : Проект федерального закона (в целях создания правовых оснований для реализации на территории Российской Федерации климатических проектов в лесах) / Система обеспечения законодательной деятельности. – URL: <https://sozd.duma.gov.ru/bill/566540-8> (дата обращения: 23.03.2024).

11. Смит, А. Исследование о природе и причинах богатства народов / А. Смит. – М. : Эксмо, 2016. – 1770 с.

12. Об ограничении выбросов парниковых газов : Федеральный закон от 2 июля 2021 г. № 296-ФЗ // КонсультантПлюс : офиц. сайт / Компания «КонсультантПлюс». – Электрон. справ. правовая система. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_388992/7571cf5badebab641d5c900951654a4ff8a16bb9/ (дата обращения: 16.01.2024).

DOI 10.21178/160524.191

УДК 630*116.64:630*913:551*453:631*611 (571.1+571.5)

Агролесомелиорация и защитное лесоразведение на юге Средней Сибири: краткие итоги исследований

© А.И. Лобанов*, О.А. Иванов, Л.П. Кравцова

*Научно-исследовательский институт аграрных проблем Хакасии СО РАН –
филиал ФИЦ КНЦ СО РАН, ул. Садовая, 5, с. Зеленое, Усть-Абаканский район,
Республика Хакасия, 655132, Россия*

Освоение целинных и залежных земель на юге Средней Сибири, начатое 70 лет назад, вызвало сильное развитие дефляции почв. Рассмотрены краткие итоги исследований по агролесомелиорации и защитному лесоразведению, которые явились важными средствами борьбы с эрозионными процессами. Кратко освещены актуальные вопросы научного обеспечения агролесомелиорации и защитного лесоразведения в степной зоне региона. Предложена, испытана и рассмотрена оригинальная технология выращивания листовенных защитных лесных полос древесно-кустарникового типа и оценена их биологическая устойчивость. Поставлены некоторые задачи исследований на ближайшую перспективу по агролесомелиоративному обустройству безлесных земель.

The development of virgin and fallow lands in the south of Central Siberia, which began 70 years ago, caused a strong development of soil deflation. Brief results of research on agro-forestry reclamation and protective afforestation, which were important means of combating erosion processes, are considered. The current issues of scientific support for agroforestry and protective afforestation in the steppe zone of the region are briefly covered. An original technology for growing larch shelterbelt forest belts of the tree-shrub type has been proposed, tested and reviewed, and their biological stability has been assessed. Some research tasks have been set for the near future on agroforestry development of treeless lands.

В марте 2024 г. исполнилось 70 лет с момента принятия Центральным Комитетом КПСС и Советом Министров СССР исторического решения об освоении целинных и залежных земель в Сибири и Республике Казахстан. В результате массового освоения целинных и залежных земель в 1954–1962 гг. на юге Средней Сибири было распахано 1688 тыс. га земель, в том числе в Республике Тыва – 454 тыс. га, в Республике Хакасия – 525 и на юге Красноярского края – 709 тыс. га [31], которые ранее использовались в качестве сенокосов и пастбищ. Широкомасштабные работы, связанные с распашкой новых земель, вскоре привели к сильной их антропогенной деградации и опустыниванию. Общая площадь сельскохозяйственных угодий, подверженных опустыниванию, по данным В. С. Панова [23], составляла в 1998 г. на юге Средней Сибири 3345,5 тыс. га (45 % от общего их наличия), в том числе в Тыве – 1716,9 тыс. га (44 %), в Хакасии – 943,7 (54 %) и на юге Красноярского края – 684,9 тыс. га (31 %). Опустыниванию в сильной степени подвержено по регионам 51–59 % этих площадей. Площадь потенциального опустынивания (дефляционно- и эрозионноопасных земель) составляла по субрегиону 4173,4 тыс. га, в том числе по Тыве – 1943,9, Хакасии – 1380,5 и югу края – 849,0 тыс. га.

Потребовались меры, направленные на снижение негативных последствий непродуманного освоения целинных и залежных земель. Трудом В. В. Докучаева [3] впервые было обосновано место и роль защитных лесных насаждений в агроэкосистемах. Полезащитные лесные полосы (ПЗЛП), являющиеся неотъемлемой частью адаптивно-ландшафтных систем земледелия и лесомелиоративного обустройства ландшафтов, – одно из важных наиболее экономичных и экологических средств борьбы с неблагоприятными природными и антропогенными факторами [5]. Многочисленные и достаточно убедительные доказательства многофункционального благотворного воздействия систем защитных лесных насаждений заставляют рассматривать их уже не только как средства поле- и почвозащиты, стокорегулирования и водоохраны, но и как мощный биосферный фактор релаксации (постепенного ослабления процессов деструкции) и реставрации (восстановления исходного состояния) компенсаторно-регуляторного потенциала агроэкосистем [24].

Всего на юге Средней Сибири было создано около 28 тыс. га ПЗЛП [17], которые обладают хорошими противодефляционными, средообразующими и мелиоративными свойствами [9]. К настоящему времени их площадь из-за скоротечности прохождения этапов онтогенетического развития на степных безлесных территориях резко сократилась, и требуется проведение их полномасштабной инвентаризации.

Цель работы – подведение кратких итогов исследований по агролесомелиорации и защитному лесоразведению на юге Средней Сибири, как средств борьбы с деградацией почв.

За 75-летний период работ по агролесомелиорации и защитному лесоразведению в южных районах Средней Сибири, проведенных в основном силами ученых Научно-исследовательского института аграрных проблем Хакасии – филиала ФИЦ КНЦ СО РАН и Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН, многие сложные вопросы в научном плане решены. В частности, были разработаны:

1. Система агротехнических и агролесомелиоративных мероприятий на почвах Республики Хакасия, подверженных дефляции, которая сейчас широко используется в Республике Казахстан, на юге Сибири и в Западной Монголии [14, 20, 22].

2. Основные критерии оценки лесопригодности почв при подборе площадей для размещения защитных лесных насаждений [4].

3. Ассортимент деревьев и кустарников для выращивания защитных лесных насаждений различного функционального назначения [7, 8, 15].

4. Приемы создания массивных и колковых защитных лесных насаждений на разветвленных и развеваемых землях [25].

5. Шахматный способ создания полезащитных лесных полос [2, 26].

6. Рекомендации по формированию тополевых полезащитных лесных полос диагонально-крупносетчатой конструкции [28, 29].

7. Приемы и технологии выращивания пастбищезащитных, прикошарных, затишковых, мелиоративно-кормовых насаждений и зеленых (древесных) зонтов на пастбищных землях в местах выпаса, отдыха и водопоя домашних животных [19, 21, 27, 34].

8. Технологии создания полезащитных лесных полос на богарных и орошаемых землях Республики Хакасия [6, 32].

9. Субрегиональная национальная программа действий по борьбе с опустыниванием для юга Средней Сибири Российской Федерации [33].

10. Агролесомелиоративное районирование засушливой зоны юга Средней Сибири [30].

11. Концепция создания нового поколения защитных лесных насаждений на юге Средней Сибири [12].

12. Методики оценки естественного возобновления деревьев и кустарников в интродукционных популяциях [13] и в системах полезащитных лесных полос на землях, выведенных из сельскохозяйственного оборота [16].

13. Способ создания противопожарных заградительных барьеров с помощью защитных лесных насаждений вокруг населенных пунктов от степных пожаров [1].

Более развернутые результаты исследований по агролесомелиорации и защитному лесоразведению за период 1944–2009 гг. и последующие годы в Институте леса им. В.Н. Сукачева СО РАН и НИИ аграрных проблем Хакасии подробно изложены в работах А.И. Лобанова и Е.Н. Савина [18], А.И. Лобанова с соавторами [20].

Продолжает оставаться актуальной проблема совершенствования технологий создания ПЗЛП. Нами предложена и испытана в производственных условиях Северной Хакасии оригинальная технология выращивания и формирования лиственничных ПЗЛП древесно-кустарникового типа диагонально-крупносетчатой конструкции на подверженных дефляции землях ООО «Форпост-Агро» [10, 11]. Климат здесь резко континентальный: среднегодовая температура $-0,4^{\circ}$; годовая сумма осадков 311 мм. И зимой, и летом характерна большая скорость ветра.

Обязательной перед посадкой лиственницы сибирской по предложенной технологии является ее защита от повреждений ветропесчаным потоком. Наивысший эффект в сохранности лиственничных посадок был получен нами при размещении с наветренной стороны лесополос кулис из горчицы шириной не менее 1 м. Обработка почвы под лесополосы производилась по системе 2-летнего черного пара с безотвальным рыхлением на глубину 35–40 см. Посадка 3-летних саженцев лиственницы сибирской и 2-летних сеянцев какого-либо кустарника (карагана древовидная, карагана колючая и др.) произведена осенью 1987 г. в период массового осеннего расцветивания листового аппарата по схеме $4,0 \times 1,5$ м. В крайние ряды поочередно высаживали лиственницу с кустарником, а два внутренних ряда состояли только из лиственницы (рис.).



Рис. Схема закладки, формирования и общий вид лиственничной полезащитной лесной полосы диагонально-крупносетчатой конструкции с треугольной формой био групп в ООО «Форпост-Агро»: а – механизированная посадка сцепкой из двух лесопосадочных машин за два прохода; б – разбивка лесополосы; в – прокладка визиров; г – расширение визиров до образования коридоров шириной 3,5–4,0 м и дополнение из них посадок в 1–2-летнем возрасте лесополосы; д – схема движения тракторного агрегата при агротехническом уходе за почвой в диагонально-направленных коридорах и на закрайках лесополосы

Закладка и формирование ПЗЛП диагонально-крупносетчатого строения с применением улучшенного агрофона на богарных пахотных землях, позволяет в последующие годы достигать повышенных показателей роста лесных полос и увеличивает

их биологическую устойчивость за счет улучшения гидрологического режима в разнонаправленных диагональных коридорах и на закрайках лесополос, служащих своеобразными «магазинами влаги». Мелиоративный эффект от них обеспечивается за счет диагонально-крупносетчатого строения. При таком строении лесной полосы существенно меняются ее аэродинамические свойства. Торможение воздушного потока, проходящего через такую полосу, обеспечивается, как и при проходе через полосу продуваемой конструкции, за счет дробления его на частные потоки, просачивающиеся через полосу и огибающие ее. Однако, в отличие от полосы продуваемой конструкции, воздушный поток здесь проходит в основном вдоль коридоров и тормозится не только в лесополосе, но и за ней при встрече под прямым углом с таким же потоком, прошедшим через смежный коридор.

Своевременное проведение агротехнических уходов в коридорах и на закрайках ПЗЛП диагонально-крупносетчатой конструкции позволяет весьма надежно защитить их от воздействия степных пожаров. В этом заключается принципиальное отличие их от всех известных конструкций лесополос, которые в весенний период регулярно подвергаются негативному влиянию степных пожаров.

О биологической устойчивости лиственных полезных лесных полос к неблагоприятным природным факторам свидетельствует величина селекционного коэффициента, предложенного академиком РАЕН В. Л. Черепниным [35]. Эта количественная оценка важнейших показателей (средней высоты и отпада деревьев) позволила более объективно уточнить биологическую устойчивость названных выше лесных полос, не требующих проведения высокочрезвычайных лесоводственных уходов. Чем больше рост и меньше отпад, тем выше был селекционный коэффициент.

Полученные результаты свидетельствуют, что в 7-летнем возрасте после посадки сохранность деревьев и их рост были выше в биогруппах лесной полосы диагонально-крупносетчатой конструкции. По селекционному коэффициенту (К) контрольная лесная полоса плотной конструкции отставала от лесополосы диагонально-крупносетчатой конструкции на 46,02 % (табл. 1).

Таблица 1

Рост и биологическая устойчивость 7-летних (числитель) и 34-летних (знаменатель) ПЗЛП

Конструкция лесополосы	Отпад деревьев, %	Высота лесополосы, м	К*	
			абс.	%
Плотная (контроль)	<u>33,1</u>	<u>3,6 ± 0,1</u>	<u>2,78</u>	<u>53,98</u>
	37,8	8,4 ± 0,08	2,53	68,37
Диагонально-крупносетчатая	<u>19,4</u>	<u>3,9 ± 0,09</u>	<u>5,15</u>	<u>100</u>
	27,0	9,0 ± 0,07	3,70	100

Примечание. *К = В/О, где В – средняя высота деревьев в лесных полосах, % от средней высоты деревьев в лучших лесных полосах; О – отпад деревьев, %.

В 34-летнем возрасте после посадки этот ранг у лесополос сохранился: по селекционному коэффициенту контрольная лесная полоса отставала от лесополосы диагонально-крупносетчатой конструкции на 31,63 % (табл. 1).

Таким образом, технология выращивания ПЗЛП диагонально-крупносетчатой конструкции должна занять достойное место на полях степных и сухостепных районов не только юга Средней Сибири, но и в других сходных по почвенно-климатическим условиям регионах Сибири, Казахстана и Монголии.

Дальнейшее развитие агролесомелиорации и защитного лесоразведения с целью агролесомелиоративного обустройства сельскохозяйственных угодий на юге Средней Сибири связано с решением следующих задач на ближайшую перспективу:

1) Научное обоснование масштабов и объемов лесомелиоративных и лесохозяйственных работ с учетом разработанных субрегиональной программы действий по борьбе с опустыниванием для юга Средней Сибири [33], агролесомелиоративного районирования [30] и концепции создания нового поколения защитных лесных насаждений [12].

2) Разработка экономических и ландшафтно-экологических принципов и приоритетных направлений осуществления работ по агролесомелиорации и защитному лесоразведению на пахотных и пастбищных землях.

3) Проведение полномасштабной инвентаризации защитных лесных насаждений на всех категориях земель и получение объективной информации об их сохранности, современном состоянии, лесоводственно-мелиоративной эффективности и потребности в лесохозяйственных мероприятиях.

4) Выделение ценного генофонда, создание постоянной лесосеменной базы для агролесомелиорации и защитного лесоразведения, создание защитных лесных насаждений из селекционноулучшенного посадочного материала на пашне до 3–5 % их площади и до 10–15 % площади пастбищ.

В заключении отметим, что использование в практических целях накопленного научного опыта создания защитных лесных насаждений различного целевого назначения и решение намеченных задач на ближайшую перспективу, позволит существенно снизить экологическую напряженность и процессы деградации почв и опустынивания, поможет перейти к более «мягкому» ландшафтно-адаптированному землепользованию с биологизацией и экологизацией сельскохозяйственного производства на юге Средней Сибири.

*E-mail корреспондирующего автора: anatoly-lobanov@ksc.krasn.ru

Литература

1. Валендик, Э.Н. Способ создания противопожарных заградительных барьеров вокруг населенных пунктов от степных пожаров / Э.Н. Валендик, Е.К. Кисилыхов, И.В. Косов, А.И. Лобанов, А.А. Онучин // Патент РФ № 2611877 на изобретение. Оpubл. 01.03.2017. Бюл. № 7. – М. : Федер. служба по интеллектуальной собственности, 2017. – 3 с.

2. Векшегонов, В.Я. Шахматный способ создания лесных полос / В.Я. Векшегонов. – М. : Лесн. пром-сть, 1965. – 83 с.

3. Докучаев, В.В. Наши степи прежде и теперь (издание в пользу пострадавших от неурожая) / В.В. Докучаев. – Санкт-Петербург: Тип. Е. Евдокимова, Б. Итальянская, 1892. – 128 с.

4. Ефремова, Т.Т. Рекомендации по оценке лесопригодности почв сухой степи Хакасии при подборе площадей для размещения защитных насаждений / Т.Т. Ефремова, В.М. Корсунов, А.В. Огородников. – Красноярск : ИЛИД СО АН СССР, 1983. – 13 с.

5. Кулик, К.Н. О мерах по совершенствованию государственной политики в сферах лесного хозяйства и лесозащитного лесоразведения / К.Н. Кулик, А.А. Мартынюк // Аналитический вестник. – 2020. – № 12 (755). – С. 24–30.

6. Лиховид, Н.И. Технология создания полезащитных лесных полос на богарных и орошаемых землях Хакасской автономной области (рекомендации) / Н.И. Лиховид. – Абакан : Хакас. СОС, 1990. – 24 с.

7. Лиховид, Н.И. Интродукция деревьев и кустарников в Хакасии (в 2-х томах) / Н.И. Лиховид. – Новосибирск, 1994. – Т. 1. – 348 с., – Т. 2. – 332 с.

8. Лиховид, Н.И. Интродукция древесных растений в аридных условиях юга Средней Сибири / Н.И. Лиховид. – Абакан : ООО «Фирма Март», 2007. – 288 с.

9. Лобанов, А.И. Средообразующие и мелиоративные свойства полезащитных лиственничных насаждений Северной Хакасии / А.И. Лобанов // Современные вопросы полезащитного лесоразведения. – Волгоград : ВНИАЛМИ, 1988. – Вып. 3 (95). – С. 149–157.

10. Лобанов, А.И. Технология создания древесно-кустарниковых насаждений диагонально-крупносетчатой конструкции на подверженных дефляции землях / А.И. Лобанов // Защитное

- лесоразведение по природным зонам СССР. – Волгоград : ВНИАЛМИ, 1991. – Вып. 2(103). – С. 56–60.
11. Лобанов А.И. Опыт выращивания лесных полос диагонально-крупносетчатой конструкции / А.И. Лобанов // Выращивание лесных полос в степях Сибири. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2001. – С. 64–71.
12. Лобанов, А.И. Концепция создания нового поколения защитных лесных насаждений в аридной зоне Средней Сибири / А.И. Лобанов // Степи Северной Евразии: мат-лы V междунар. симпозиума / Под науч. ред. члена-корреспондента РАН А.А. Чибилёва. – Оренбург, 2009. – С. 437–441.
13. Лобанов, А.И. Методы изучения естественного возобновления древесных растений в интродукционных популяциях / А.И. Лобанов, Г.Н. Гордеева // Сохранение биологического разнообразия растений в аридной зоне : мат-лы науч. конф., посвящ. 90-летию со дня рожд. Н.И. Лиховид, г. Абакан, 17 мая 2016 г. – Абакан : ООО «Кооператив «Журналист» 2016. – С. 18–29.
14. Лобанов, А.И. Современные проблемы агролесомелиорации и защитного лесоразведения в Монголии / А.И. Лобанов, Ч. Дугаржав, Ж. Тушигмаа, С. Гэрэлбаатар, Д. Цогт-Эрдэнэ, Ч. Болдбаатар, Д. Туул, Т. Атарсайхан // Трансграничные территории Востока России: факторы, возможности и барьеры развития : мат-лы междунар. науч.-практ. конф. (Улан-Удэ, 6–8 сентября 2021 г.): электронное издание. – Улан-Удэ: Изд-во Бурят гос. ун-та, 2021. – С. 275–280. – DOI: <https://doi.org/10.18101/978-5-9793-1654-3-2021-1-395>.
15. Лобанов, А.И. Видовое разнообразие деревьев и кустарников, адаптированных к условиям Ширинской степи Республики Хакасия / А.И. Лобанов, М.А. Кириенко // Степи Северной Евразии: мат-лы VI междунар. симпозиума. – Оренбург, 2012. – С. 452–455.
16. Лобанов, А.И. Методы изучения естественного возобновления древесных растений на деградированных пахотных землях, подвергнутых стихийной консервации / А.И. Лобанов, М.А. Мартынова // Сохранение биологического разнообразия растений в аридной зоне: мат-лы науч. конф., посвящ. 90-летию со дня рожд. Н.И. Лиховид, г. Абакан, 17 мая 2016 г. – Абакан : ООО «Кооператив «Журналист» 2016. – С. 86–93.
17. Лобанов, А.И. Актуальные вопросы защитного лесоразведения на юге Средней Сибири / А.И. Лобанов, В.Е. Мулява // Столяровские чтения : Сборник мат-лов науч.-практ. конф., С.-Петербург, 05 октября 2023 г. – СПб. : СПбНИИЛХ, 2023. – С. 36–38. – DOI: <https://doi.org/10.21178/05102023.36>.
18. Лобанов, А.И. Развитие в Институте леса им. В.Н. Сукачева СО РАН исследований по вопросам защитного лесоразведения за период 1944–2009 гг. / А.И. Лобанов, Е.Н. Савин // Ботанические исследования в Сибири. – Красноярск : Поликом, 2010. – Вып. 18. – С. 128–151.
19. Лобанов, А.И. *Larix sibirica* Ledeb. в пастбищезащитных лесных полосах / А.И. Лобанов, Е.Н. Савин // Хвойные бореальной зоны. – 2011. – Т. XXIV, № 3–4. – С. 238–244.
20. Лобанов, А.И. Дефляция почв и агролесомелиоративные мероприятия на юге Средней Сибири (к 55-летию организации Хакасского противозрозийного стационара Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН) / А.И. Лобанов, В.К. Савостьянов, А.В. Пименов // Сибирский лесной журнал. – 2015. – № 1. – С. 104–116. – DOI: <https://doi.org/10.15372/SJFS20150408>.
21. Мартынова, М.А. Способ создания системы пастбищезащитных лесных полос с устройством зеленых зонтов в сухостепной зоне юга Средней Сибири / М.А. Мартынова // Патент на изобретение № 2672486 С1 от 15.11.2018 г.
22. Орловский, Н.В. Защита и освоение почв, подверженных ветровой эрозии (Хакасия) / Н.В. Орловский, Е.Н. Савин, В.К. Савостьянов, В.Р. Романенко // Листок ВДНХ СССР. – М., 1972. – 4 с.
23. Панов, В.С. Социально-экономические условия жизни населения в районах развития опустынивания на юге Средней Сибири / В.С. Панов // Защитное лесоразведение в аридной зоне. – Абакан, 2003. – С. 197–220.
24. Петров, Н.Г. Место и роль защитного лесоразведения в формировании экологически устойчивых агроландшафтов / Н.Г. Петров // Защитное лесоразведение при формировании агроландшафтов в степи: Мат-лы симпоз. по защ. лесоразведению, посвящ. памяти П. Ф. Фомина, г. Абакан, 9–10 авг. 1994 г. – Новосибирск, 1995. – С. 4–12.
25. Полежаева, З.Н. Облесение эродированных земель / З.Н. Полежаева, Е.Н. Савин. – М. : Лесн. пром-сть, 1974. – 70 с.

26. Романенко, В.Р. Способ выращивания сибирской лиственницы / В.Р. Романенко, Е.Н. Савин, В.К. Савостьянов // Авт. свид. на изобр. № 348180. – Бюл. № 25. – М., 1972. – 4 с.
27. Савин, Е.Н. Технология создания защитных лесных насаждений для целей животноводства в степных районах Хакасии: рекомендации / Е.Н. Савин, Н.И. Лиховид, С.М. Чарков, И.И. Глухов. – Абакан, 1995. – 12 с.
28. Савин, Е.Н. Рекомендации по формированию тополевых лесных полос диагонально-крупносетчатой конструкции в южных районах Красноярского края / Е.Н. Савин, А.И. Лобанов. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1989. – 23 с.
29. Савин, Е.Н. Формирование тополевых полезащитных лесных полос диагонально-крупносетчатой конструкции в южных районах Сибири (рекомендации) / Е.Н. Савин, А.И. Лобанов. – М. : Центр НТИ, пропаганды и рекламы МСХ РФ, 1992. – 18 с.
30. Савостьянов, В.К. Агролесомелиоративное районирование засушливой зоны юга Средней Сибири и особенности создания защитных лесных насаждений: рекомендации / В.К. Савостьянов. – Абакан: НИИАП Хакасии, 2009. – 24 с.
31. Савостьянов, В.К. Освоение целинных и залежных земель в Восточной Сибири / В.К. Савостьянов // Совершенствование ведения сельскохозяйственного производства на опустыненных землях аридной зоны. – Абакан : ООО «Фирма Март», 2010. – С. 7–15.
32. Савостьянов, В.К. Технология создания двухрядных полезащитных лесных полос с широким междурядьем и освоения лесомелиорируемой территории в степных районах Хакасии / В.К. Савостьянов, Н.И. Лиховид. – Абакан : НИИАП Хакасии, 1995. – 10 с.
33. Субрегиональная национальная программа действий по борьбе с опустыниванием для юга Средней Сибири Российской Федерации (Республика Хакасия, Республика Тыва, южные района Красноярского края) / Программа ООН по окружающей среде, Центр Международных проектов, НИИ аграрных проблем Хакасии СО РАСХН / Науч. рук. и отв. ред. В.К. Савостьянов. Абакан, 2000. 295 с.
34. Чарков, С.М. Технология создания пастбищезащитных и мелиоративно-кормовых насаждений на измененных дефляцией почвах Хакасии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.03.01 / С.М. Чарков. – Красноярск: ИЛ СО РАН, 1995. – 21 с.
35. Черепнин, В.Л. Изменчивость семян сосны обыкновенной / В.Л. Черепнин. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1980. – 183 с.

DOI 10.21178/160524.198

УДК 630*453:595.768.24

Изменение климата и массовые размножения короеда-типографа в Московском регионе

© Н.И. Лямцев, В.М. Сидоренков, Ю.С. Ачиколова

*Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства,
ул. Институтская, 15, Пушкино, 141200, Московской обл.*

Приведены результаты анализа и характеристика механизмов влияния изменения климата на массовое размножение короеда-типографа. Рассмотрена многолетняя динамика метеорологических показателей и площади очагов короеда. За период 1990-2018 гг. было три массовых размножения, причем площадь очагов типографа устойчиво увеличивалась. Этот тренд обусловлен комплексом причин, прежде всего ухудшением состояния ельников и потеплением климата. С 1975 по 2022 гг. прирост средней температуры воздуха за июнь–август составил около двух градусов. Массовые размножения типографа начинаются после засух, которые приводят к резкому снижению устойчивости насаждений и росту численности короеда, благодаря успешному развитию в течение вегетации двух его поколений. Полученные критерии являются эффективными показателями угрозы массового размножения короеда и масштаба распространения его очагов.

Analysis findings and characteristics of climate change effect tools on bark beetle mass outbreak. Long-term dynamics of weather indicators and bark beetle outbreak area. Over 1990-2018 there were 3 mass outbreaks while bark beetle outbreak area grew gradually. This trend is associated with a number of occasions first of all spruce forest decline and climate warming. Over 1975-2022 mean air temperature growth in June-August was around 2^o. Bark beetle mass outbreaks start after droughts and result in sharp decrease of forest resistance and bark beetle population growth due to successful evolution of its 2 generations during vegetation. The found criteria are efficient indicators of bark beetle mass outbreak risk and extent of its outbreak expansion.

Короед-типограф является наиболее опасным стволовым вредителем еловых лесов. Его массовые размножения происходят с определенной периодичностью. Во многом это обусловлено воздействием засух. Ель обыкновенная особенно чувствительна к засухам. Она имеет поверхностную корневую систему, поэтому дефицит осадков приводит к значительному ослаблению деревьев и снижению устойчивости насаждений. Усыхание еловых древостоев более вероятно, если засухе предшествуют массовые ветровалы, чрезмерное осушение и нарушения требований санитарной безопасности в лесах, способствующие накоплению численности короеда. В зоне смешанных лесов очаги массового размножения типографа и сопутствующих ему стволовых вредителей ели, возникающие под влиянием засухи, периодически принимают пандемический характер, охватывая всю зону. В годы засух активизируются корневые гнили, а численность типографа резко возрастает благодаря двойной генерации [1, 2, 3].

Для оценки угрозы массового размножения короеда необходимо учитывать его численность и устойчивость (жизнеспособности) деревьев, а также факторы, влияющие на эти переменные (благоприятная погода, наличие поблизости очагов короеда и др.).

Анализ взаимодействия в системе «древостой – короед» показывает, что многолетние колебания численности короеда имеют три точки потенциального равновесия: устойчивое равновесие при низкой плотности популяции, неустойчивый порог вспышки массового размножения и циклическое равновесие при высокой плотности популяции [4, 5]. Используя собственные и литературные [1, 2, 6] данные, определили параметры критических точек динамики популяции типографа. Наиболее важными являются короедный запас, отпад (количество заселенных деревьев) и характер их расположения [1, 2].

Равновесная плотность популяции определяется количеством пригодных для заселения деревьев (текущий отпад). При отпаде в пределах естественной численности короеда стабилизируется и наблюдается состояние устойчивого равновесия.

Массовое размножение вызывается тремя основными факторами: увеличением числа заселенных елей (ветровалы), что выводит популяцию из состояния равновесия и приближает к порогу вспышки массового размножения; снижением устойчивости насаждения (засуха, высокий возраст), что снижает порог вспышки; иммиграцией жуков из прилегающих насаждений (очагов), что увеличивает популяцию до пороговой численности. Важным условием массового размножения, его начала, является совпадение снижения жизнеспособности (устойчивости) древостоев с ростом численности типографа.

Для определения пороговых параметров использовали также материалы государственного лесопатологического мониторинга по инвентаризации его очагов [6], месячные данные о количестве осадков и температуре воздуха, материалы собственных исследований состояния насаждений и учетов короеда в феромонных ловушках. Для характеристики погодных условий использовали архивы метеоданных, подготовленных Гидрометцентром России и размещенных в открытом доступе (<http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation#описание-массива-данных>).

Цель исследований – проанализировать многолетнюю динамику показателей погоды и площадей очагов короеда-типографа, выявить наличие трендов, оценить их, в том числе, как критерии угрозы массового размножения короеда и масштаба распространения очагов.

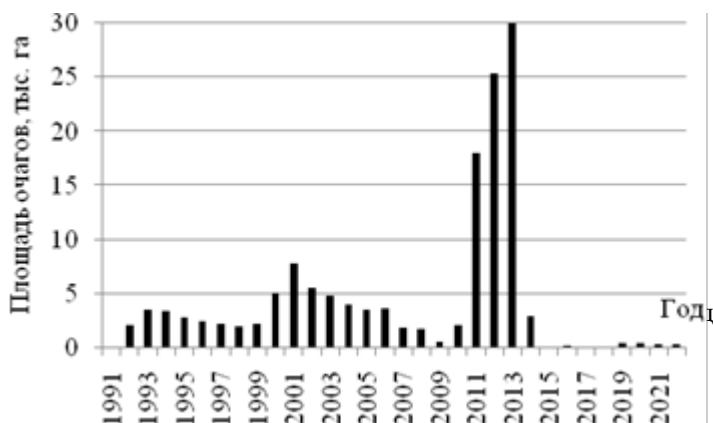


Рис. 1. Динамика площадей очагов короеда-типографа в Московской обл. в 1991-2022 годах

При долгосрочном прогнозировании необходима оценка периодичности и интенсивности массовых размножений типографа, которая не возможна без длительных наблюдений за его очагами. Для характеристики динамики очагов использовали данные ФБУ «Рослесозащита», ежегодные обзоры санитарного и лесопатологического состояния лесов Российской Федерации [7]. Многолетняя динамика площади очагов показана на рис. 1.

За 30 лет (1990-2018) в Московской обл. было три массовых размножения короеда-типографа (1991-1997, 1998-2008, 2009-2016). Причем их интенсивность (распространение очагов) постоянно увеличивалась, и тренд роста площади очагов типографа имел ярко выраженный характер. Максимальная ежегодная площадь очагов в 1993 г. составила 3446 га, в 2001 г. – 7725 га, в 2013 г. – 31255 га.

Этот тренд обусловлен комплексом причин, прежде всего ухудшением состояния ельников и потеплением климата. Прежде всего с возрастом увеличивается пораженность ельников корневыми и комлевыми гнилями. Это приводит к снижению устойчивости

деревьев к воздействию сильных ветров, образованию ветровала и бурелома. Для оценки воздействия потепления климата проанализировали многолетнюю динамику температуры воздуха. С начала семидесятых годов 20 столетия до настоящего времени происходит увеличение среднегодовой температуры и теплообеспеченности в летний период (рис. 2). С 1975 по 2022 гг. прирост средней температуры воздуха за июнь–август (метеостанция г. Можайска) составил около двух градусов.

На образование очагов массового размножения существенное влияние оказывали ветровалы. Так, в 1998 г. леса на северо-западе Московской области сильно пострадали от ураганного ветра. На ветровальной древесине произошло размножение короеда-типографа, что вместе с засушливыми условиями нескольких лет привело к гибели ельников на значительных площадях в 2000-2003 гг. [2].

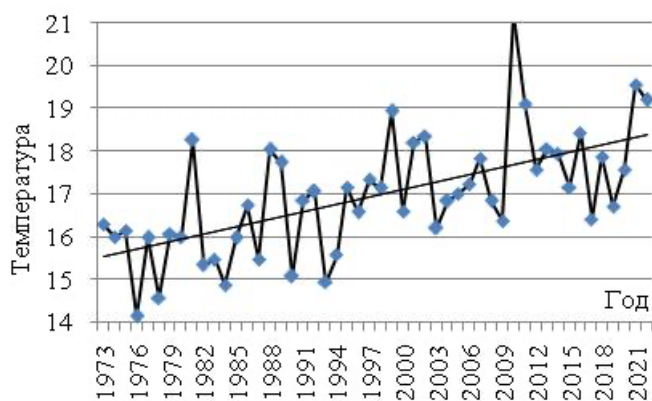


Рис. 2. Динамика средней температуры воздуха за июнь-август 1973-2022 гг.

Известно, что массовые размножения типографа начинались после засух весной и летом [2, 8-10], когда осадков выпадало 60 % от нормы и менее, среднемесячные температуры воздуха на 2-9 °C выше средних многолетних; относительная влажность воздуха в среднем за месяц снижалась до 55 %, а в течение 10 дней и более – до 28 %; гидротермический коэффициент был меньше по сравнению с нормой в 1.5-2 раза, а показатель дефицита влажности воздуха больше в 1.5 раза и более [2].

Средний годичный прирост ели после засухи в сравнении с многолетним падает на 20-35 % и более, что свидетельствует о критическом снижении устойчивости ели и, следовательно, об опасности размножения короеда типографа и последующего за этим частичного или полного усыхания еловых древостоев.

По литературным данным [2, 6], для полного развития поколения короеда-типографа необходима сумма среднесуточных температур 934-1120 °C. Как видно из таблицы 1, успешное развитие двух поколений короеда с наибольшей вероятностью было в 1989, 1999-2002, 2007 гг. и особенно в 2010, 2011 гг., когда сумма температур май–август составила 2183 и 2446 градусов. В 1992 и отчасти 1999 гг. теплообеспеченность была меньше, но они оказались засушливыми (количество осадков составило соответственно 39 и 75 % от нормы), что способствовало массовому размножению короеда.

В 2008-2010 гг. в Московской области также произошли крупные ветровалы, а засуха 2010 г. оказалась одной из самых сильных за всю историю метеорологических наблюдений [8, 9]. Вспышка массового размножения короеда-типографа началась в 2009–2010 гг. и продолжалась до 2016 г. Сухая и жаркая погода в летние периоды 2010 и 2013 гг. дала возможность развития в эти годы двум поколениям короеда и интенсифицировала их массовое размножение.

Массовое размножение типографа в ельниках Московского региона в 2010-2014 гг. закономерно развивалось, реализовались фазы роста численности, кульминации, кризиса [9]. Типичного циклического равновесия при высокой плотности популяции не наблюдалось. Однако популяция не перешла в разреженное стабильное состояние, депрессия не наступила.

Таблица 1

Гидротермические показатели за май-август (V–VIII) в периоды начала массового размножения типографа (метеостанция г. Можайска)

Год	Количество осадков		Среднемесячная температура воздуха, °С		Сумма температур V–VIII, °С
	V–VIII, мм	% от нормы	VI–VIII	Отклонение от средней, %	
1989	75,4	101.9	17,7	5,4	2029,6
1991	93,3	126.1	16,9	1,0	1925,7
1992	29,0	39.2	17,1	1,8	1921,7
1999	55,5	75,0	18,9	12,5	2001,0
2001	77,5	104.7	18,2	8,3	2014,7
2002	33,2	44.9	18,4	9,5	2072,7
2007	54,0	73,0	17,8	6,0	2100,6
2010	84,0	113.5	21,2	26,2	2446.1
2011	68,5	92,6	19,1	13,7	2182,8

На фазе кульминации численности (повышенно плотной популяции) встречаемость короёда-типографа становится максимальной. Район поселения жуков распространяется по всему стволу, что свидетельствует о недостатке пригодных для вредителя деревьев, в результате чего короёд заселяет даже не свойственные ему части ствола. Высокая плотность поселения самцов (брачные камеры) и средняя плотность самок (маточные ходы) указывает на нарушение оптимального состава короёдной семьи и нехватке места для успешного развития потомства. Низкие значения продукции и энергии размножения в течение последних двух лет вспышки массового размножения указывает на ее окончание вследствие полного освоения короёдом доступной кормовой базы [2].

На возможность повторения вспышки массового размножения типографа в Московской области через сравнительно небольшой промежуток времени указывает то, что на периферии участков усыхания 2010-2013 гг. процент гибели насаждений был достаточно низок. То есть еще остались благоприятные для развития типографа древостои.

В 2016-2021 гг. плотность популяции типографа колебалась возле порога массового размножения [5]. По данным учетов жуков в феромонных ловушках их средняя численность в различных участках варьировала от 569 до 8599 шт. на ловушку за сезон. На такие колебания указывают также данные ФБУ «Рослесозащита». Например, по состоянию на 22 мая 2020 г. в лесничествах Московской области зафиксировано превышение порогового значения (1500 шт. на ловушку) численности короёда-типографа, среднее количество жуков в ловушке составило 1767 шт. По сравнению с аналогичным периодом 2019 года отмечен практически трехкратный рост численности вредителя.

Отличительной особенностью порогового состояния популяции является наличие хронических микроочагов типографа. Очаги имели группово-куртинный характер и включали от 10 до 50 поврежденных деревьев. Увеличение куртин усыхания в лесопарковом ельнике наблюдалось с 2019 г., максимальное число усохших деревьев было в 2021 г. По данным ФБУ «Рослесозащита», локальные очаги короёда-типографа в ельниках Московской обл. в 2016-2021 гг. были ежегодно, а их площадь варьировала от 11 до 362 га [7].

Дальнейшего распространения очагов не произошло, такой благоприятной для развития типографа погоды как в 2002, 2010, 2011, 2014 гг. не было (табл. 2).

Из таблицы 2 следует, что в 2014-2022 гг. периоды с теплообеспеченностью, необходимой для развития двух поколений короёда, встречались чаще, чем в последние 10 лет 20 века. Сумма среднесуточных температур за май-август была больше 2100 °С в 2014, 2016, 2018, 2021 гг. и близка к этому порогу в 2022 г. Сумма температур была недостаточна для полного развития двух поколений в 2020 г. и особенно в 2017 г.. (1837 °С).

Таблица 2

Динамика метеорологических показателей (метеостанция г. Можайска), площадей очагов и количества отловленных за сезон жуков типографа в 2014-2022 гг.

Показатели	Изменение показателей по годам								
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Площадь очагов, га	2877	2310	144	11	30	362	347	252	250
Количество отловленных за сезон жуков, шт.	-	-	1710	1032	959	1350	942	569	3254
Температура воздуха, t°С: средняя май-август	17.3	16.2	17.3	14.9	17.2	16.3	15.9	18	16.9
сумма t°С май-август	2123	1989	2131	1837	2120	1999	1956	2207	2081
Сумма осадков, мм: год	404.1	623.5	730.6	722.4	538.2	536.9	797.5	692.8	739.4
май-август	153	323.2	361.8	297.5	265.6	284.8	484.8	274.1	161.3

Погода весной 2021 г. была неблагоприятной для развития, лет жуков начался только 11 мая, за сезон в ловушке было учтено только 569 короедов. Несмотря на это резкое повышение температуры воздуха летом обусловило рост численности типографа. При средней температуре в июне-июле соответственно 19,1 и 21 °С успешно развились два сестринских и два основных поколения. Сумма температур за май-июнь составила 979, июль-август – 1228 °С. Это было наиболее жаркое лето за период 2011-2022 гг. Кроме того оно было и засушливым, сумма осадков за май-август составила 274,1 мм, что ниже средней многолетней.

Сильные ветра в начале лета 2021 года привели к появлению ветровальных и буреломных деревьев. Это способствовало росту и достижению такой численности типографа, при которой он способен нападать на незначительно ослабленные деревья. Кроме того, низкий короедный запас в 2017-2020 гг. обусловил сокращение численности его природных энтомофагов [10].

Успешное развитие типографа при высокой теплообеспеченности в 2021 г. установлено и в Ленинградской области [3]. Существенное влияние здесь также оказало перманентное присутствие в ельниках региона значительного количества короедатипографа, что создало предпосылки для быстрого увеличения численности этого вида. Развитие двух генераций типографа в ельниках Карельского перешейка отмечено впервые. По бивольтинному типу развивалась часть популяции: примерно 56 % особей дали второе поколение, успешно завершившее развитие, остальная часть молодых жуков ушла в диапаузу. Часть второго поколения, начавшая развиваться раньше, имела высокую энергию размножения (отношение числа особей молодого поколения к числу особей родительского поколения) (4.7), близкую к энергии размножения первого поколения (6.0).

Анализ погодной ситуации показывает, что необходимые условия для новой вспышки массового размножения типографа созданы в 2021-2022 гг. Лето 2022 г. характеризовалось повышенной засушливостью сумма осадков за май-август равна 161.3 мм, что составило только 54 % от средней многолетней. Количество осадков было ниже средней многолетней и в 2017-2019 гг. (табл. 2). Кроме того и годовая сумма осадков в 2018-2019 гг. (538.2 и 536.9 мм соответственно) была на 20 % ниже средней многолетней. То есть условия погоды были благоприятны для ослабления еловых лесов и образования очагов типографа.

Сумма температур за май-июнь 2022 г. составила 848 °С, июль-август – 1230 °С. Жаркая и сухая погода в июне-августе, а также наличие свежего ветровала позволили

успешно развиваться как сестринскому, так и второму поколению вредителя. Средняя численность короледа-типографа в ловушке за сезон значительно выросла и составила 3252 жука, что в 5,7 раза больше, чем в 2021 г. В мае-июне отловлено 2228, в июле-августе 1024 жуков, то есть численность второго поколения короледа в среднем была только в 2,2 раза меньше первого. Значительный рост доли молодых жуков (основателей второго поколения) и их максимальная численность отмечены впервые с 2017 г.

В 2022 году отмечено значительное увеличение максимального количества жуков, отловленных одной ловушкой, оно составило 5262 жука. В мае-июне отловлено в среднем 2228 жуков. Зафиксировано превышение порогового значения в 1500 жуков первого поколения на ловушку. Средняя численность короледа-типографа в ловушке за сезон составила 3252 жука. Популяция готова к массовому размножению. Однако, учитывая существенное снижение доли перестойных (старовозрастных) ельников в 2010-2014 гг. и тем самым уменьшение кормовой базы типографа (ее доступности), это массовое размножение не будет интенсивным и пандемическим. Увеличение очагов возможно на один-два порядка (в 10-100 раз) при сохранении их хронического характера.

Создание повышенной плотности популяции короледа в насаждениях в 2022 г. обусловлено также наличием возможности для иммиграции жуков и преодоления сопротивления отдельных деревьев. Так в 500 м от ППН (расположения ловушек) находился микроочаг – куртина из 49 сухостойных деревьев, поврежденных типографом в 2021 году (из них 20 заселено первым поколением; 29 – вторым поколением короледа). В 2020 г. в этом участке усохло 7 елей. Микроочаг образовался, в том числе как результат рубки сухостоя в 2018 г., что способствовало усилению ветровала.

При перечеке деревьев ели по категориям состояния с оценкой визуальных признаков заселения короледами на ППН 10 июня 2022 г. выявлено 10 % старого сухостоя (прошлого года), 4 % свежего бурелома, 4 % усыхающих, 10 % сильно ослабленных деревьев. До 60 % деревьев были оценены по шкале категорий состояния как деревья «без признаков ослабления».

Заключение

В Московском регионе за период 1990-2018 гг. было три массовых размножения короледа-типографа и наблюдалась устойчивая тенденция увеличения площади очагов. Этот тренд обусловлен комплексом причин, прежде всего ухудшением состояния ельников и потеплением климата. С 1975 по 2022 гг. прирост средней температуры воздуха за июнь–август составил около двух градусов.

Ослабленное состояние ельников региона, ветровалы и другие негативные воздействия создают предпосылки для присутствия в них значительного количества короледа (микроочагов). Такая популяция находится в постоянной готовности к массовому размножению, когда численность короледа часто превышает пороговую с высокой вероятностью расширения очагов. В 2022 г. при высокой теплообеспеченности выявлено успешное развитие и существенный рост численности типографа, популяция достигла уровня начала массового размножения.

E-mail для переписки: lyamtsev@vniilm.ru

Литература

1. Катаев, О.А. Динамика плотности популяции короледов (Coleoptera, Scolytidae) в древостоях, ослабленных природными и антропогенными факторами / О.А. Катаев, А.В. Осетров, Б.Г. Поповичев, А.В. Селиховкин // Чтения памяти Н.А. Холодковского. Вып. 51. СПб, 2001. – 82 с.
2. Маслов, А.Д. Короед-типограф и усыхание еловых лесов / А.Д. Маслов. – М. : ВНИИЛМ, 2010. – 138 с.
3. Селиховкин, А.В. Новая вспышка массового размножения короледа-типографа *Ips typographus* (L.) (Coleoptera, Curculionidae) в Ленинградской области и ее особенности / А.В.

- Селиховкин, Н.А. Мамаев, М.Б. Мартирова [и др.] // Энтомологическое обозрение. – 2022. – Т. 101, № 2. – С. 239-251.
4. Берриман, А. Защита леса от насекомых-вредителей: [пер. с англ.] / А. Берриман. – М. : Агропромиздат, 1990. – 288 с.
5. Лямцев, Н.И. Показатель угрозы массового размножения короеда-типографа *Ips typographus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) / Н.И. Лямцев, В.Н. Колобов // Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах (XI Чтения памяти О.А. Катаева) / Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Санкт-Петербург, 24–27 ноября 2020 г. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2020. – С. 204-205.
6. Wermelinger, V. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research / V. Wermelinger // Forest Ecology and Management. – Vol. 202, Issues 1-3, December 2004. – P. 67-82.
7. Обзор санитарного и лесопатологического состояния лесов Российской Федерации за 2021 год. – Пушкино : ФГУ «Рослесозащита», 2022. – 316 с.
8. Маслов, А.Д. Динамика размножения короеда-типографа в Центральной России в 2010-2013 гг. и прогноз на 2014 г / А.Д. Маслов, И.А. Комарова, А.С. Котов // Лесохозяйственная информация. – 2014. – № 1. – С. 38-46.
9. Малахова, Е.Г. Распространение и структура очагов усыхания еловых лесов Подмосковья в 2010-2012 годах / Е.Г. Малахова, Н.И. Лямцев // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2014. – Вып. 207. – С. 193-201.
10. Сидоренков, В.М. Аспекты регионального зонирования по устойчивости еловых лесов к воздействию засух (на примере Московской области) [Электронный ресурс] / В.М. Сидоренков, О.В. Перфильева, Н.И. Лямцев, А.В. Букась, А.А. Бобрецов, А.С. Рыбкин // Лесохозяйственная информация. – 2021. – № 2. – С. 29–38.
11. Гниненко, Ю.И. Короед-типограф – неосмотрительно забытая угроза / Ю.И. Гниненко, Н.И. Лямцев, В.Н. Колобов, Е.А. Чилахсаева // Защита и карантин растений. – 2021. – № 11. – С. 13-14.

DOI 10.21178/160524.205

УДК 635.924(571.620)

О ягодной продуктивности лесов Хабаровского края

© А.Г. Матвеева

ФГБОУВО «Тихоокеанский государственный университет», ул. Тихоокеанская, 136, Хабаровск, 680035, Россия

Леса Хабаровского края располагают огромными запасами грибных, ягодных, лекарственных, кормовых ресурсов. Только съедобных ягод здесь произрастает 22 вида. Их экономический потенциал никак не оценен в документах лесного планирования края, во многих лесничествах при наличии ягодных ресурсов не проектируется их сбор, нет соответствующей инфраструктуры. Леса в регионе по-прежнему используются почти исключительно для лесозаготовок, предоставления их в аренду для строительства линейных объектов, разработку месторождений полезных ископаемых. В то же время экономически более оправдано сохранить леса для осуществления недревесных видов пользования, эффект от которых может составить до 9 раз.

The forests of the Khabarovsk Territory have huge reserves of mushroom, berry, medicinal, and forage resources. Only 22 species of edible berries grow here. Their economic potential is not estimated in any way in the forest planning documents of the region, in many forestry areas, in the presence of berry resources, their collection is not projected, there is no appropriate infrastructure. Forests in the region are still used almost exclusively for logging, leasing them for the construction of linear facilities, and the development of mineral deposits. At the same time, it is economically more justified to preserve forests for non-wood uses, the effect of which can be up to 9 times.

На территории Хабаровского края произрастают 22 вида ягодных и 4 вида плодовых растений. Наибольшую хозяйственную значимость из них представляют 16: актинидия коломикта (*Actinidia kolomikta* Maxim.), брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.), виноград амурский (*Vitis amurensis* Rupr.), голубика обыкновенная (*Vaccinium uliginosum* L.), жимолость съедобная (*Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn), калина Саржента (*Viburnum sargentii*), клюква болотная (*Oxycoccus palustris* Pers.), лимонник китайский (*Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill.), малина сахалинская (*Rubus sachalinensis* Levi.), рябина амурская (*Sorbus amurensis*), смородина дикуша (*Ribes dikuscha* Fisch. ex Turcz.), черемуха обыкновенная (*Prunus pádus*), морошка (*Rubus chamaemorus*), водяника черная (*Empetrum nigrum*), княженика обыкновенная (*Rubus arcticus*), шиповник Максимовича (*Rosa Maximowicziana*). Однако ежегодные промышленные заготовки в лесничествах охватывают лишь некоторые из этих видов: лимонник китайский, актинидию коломикта, виноград амурский, жимолость съедобную, смородину дикушу, бруснику обыкновенную, малину сахалинскую, голубику обыкновенную, калину Саржента, клюкву болотную, шиповник Максимовича. В общем объеме заготовок ягод более 80 % приходится на бруснику и голубику, 10 % – на лимонник и калину и 10 % – на остальные виды.

Ягодные растения, сбор которых в том или ином объеме осуществляется в крае, приурочены практически ко всем типам леса (табл. 1).

Таблица 1

Приуроченность ягодных растений к типам леса [1]

Вид ягодного растения	Тип леса
Актинидия коломикта	ЛпБШ, ЕКПК, Ермп, Екр, К-IV, К-VI, КЕП, КЕЛп
Виноград амурский	Д-IIIг, Д-IIIр, Д-V, ЛпБШ, К-II, К-III, К-VI
Калина Саржента	Бчлрт, Ббкр, Д-IIIг, Д-IIIр, Д-V, Д-VI, Д-VII, ЛпБШ, К-I, КЛ, Лк, Лу, Лп, ЛК, Ослк
Малина сахалинская	Лврт
Черника обыкновенная	Ббк, Бкт, Ебр, Ез, ПЕог
Брусника обыкновенная	Кол, Екс, Елг
Голубика обыкновенная	Ббе, Ксм, Ксс, Лгс, ЛЕ
Лимонник китайский	Екр, К-III, ЯИ, Яо
Смородина дикуша	ЕШК, Евг, Ез, Ермп, К-V, К-VI, Олк, ТИв
Шиповник Максимовича	Бчлрт, Ббкр, Ббе, Д-I, Д-VII, Еро, Екр, Етв, Ет, Елг, ПЕп, ПЕог, К-I, К-VIII, КЛ, Лч, ЛД, Лбм, Лврт, Осрт, ТИв, Тиу, ЧзТ, ИвТ, Яб

Ежегодный допустимый объем заготовки ягод в лесничествах Хабаровского края определен нами по лесохозяйственным регламентам [2] (табл. 2–3).

Однако в реальности сбор ягод осуществляется в существенно меньших масштабах, в лесничествах отсутствует инфраструктура для осуществления подобного вида пользования, нет государственных или частных структур, которые бы занимались этим видом деятельности. В то же время вероятная ежегодная стоимость только 12 видов ягодных ресурсов края, запасы которых зафиксированы в лесохозяйственных регламентах, составляет более 19 млрд. руб. (табл. 4).

Таблица 2

Ежегодный допустимый объем заготовки ягод в лесничествах Хабаровского края

Лесничества Хабаровского края	Допустимый объем заготовки, т						
	Лимонник китайский	Актинидия	Виноград амурский	Жимолость съедобная	Брусника обыкновенная	Голубика обыкновенная	Калина обыкновенная
1	2	3	4	5	6	7	8
Аванское	9,8	99,0	75,8	52,0	0	17,9	0,1
Амгуньское	6	20,6	6,2	120,0	42,1	15,0	0
Аянское	0	0	0	0	102,0	51,0	0
Баджалское	3,4	15,3	6,2	77	32,4	12,0	0
Бикинское	4,9	41,0	4,7	0,3	0	0	10,0
Болоньское	10,4	1,9	0	42,6	0	265,9	0
Быстринское	5,4	108,0	1,8	173	61,2	32,4	0
Высокогорное	5,8	93,4	1,1	123,4	65,2	34,8	0

Горинское	0,2	9,3	0,3	7,3	5,4	5,4	0
Гурское	43,7	315,4	4,9	857,1	0	14,9	0
Де-Кастринское	0	0	0	0	8,0	3,0	0
Иннокентьевское	2	157,7	0	29,1	0	1,6	0
Кербинское	15,3	25,6	0	380,5	134,0	70,2	0
Кизинское	0	0	0	0	5,0	4,1	0
Комсомольское	0,2	8,5	0,2	77,6	74,4	4,5	2,8
Кур-Урмийское	7,6	34,3	9,2	180,7	342,7	187,8	0,1
Лазаревское	0	0	0	0	105,2	51,3	0
Литовское	0,5	10,2	0,3	61,0	0	109,4	0,2
Мухенское	28,4	217,5	3,5	35,9	0	114,9	0,1
Нанайское	36,1	350,6	20,3	514,3	2079,3	1,6	0
Нижнетамбовское	6,6	124,8	1,7	192,6	301,9	34,8	0
Николаевское	0	0	0	0	27,0	80,0	0
Оборское	16,2	51,2	0,9	60,8	0	129,5	0
Охотское	0	0	0	0	95,3	51,0	0
Падалинское	0	4,1	0	105,1	122,7	160,8	0
Северное	2,0	21,3	0	250,4	98,3	52,4	0
Советское	2,5	24,2	0	368,6	114,2	64,8	0
Солнечное	0,2	6,4	0,2	63,4	4,0	2,5	0
Сукпайское	5,3	424,9	5,3	1135,5	458,2	7,1	0
Тумнинское	1,8	18,4	0	173,1	50,0	103,0	0
Тырминское	1,2	10,2	5,3	73,4	40,0	40,0	0
Уктурское	12,3	58,4	3,2	387,3	0	15,0	0
Уликанское	4,3	17,7	8,0	160,1	44,5	17,7	0,1
Ульчское	0	0	0	0	270,3	120,1	0
Ургальское	0	0	0	0	108,0	0,6	0
Хабаровское	0,8	0,9	15,0	4,0	0	14,0	0,2
Хехцирское	1,0	0,9	10,0	3,3	0	9,0	0,1
Хорское	90,9	699,8	0,4	122,6	0	35,7	0
Чумиканское	7,3	25,1	0	200,0	560,0	203,0	0
Эворонское	0,2	7,5	0,3	70,3	5,1	2,8	0
Итого	652,1	5815,4	288,9	10489,2	10519,5	3834,6	22,7

Таблица 3

Ежегодный допустимый объем заготовки ягод в лесничествах Хабаровского края

Лесничества Хабаровского края	Допустимый объем заготовки, т					
	Клюква болотная	Шиповник Максимовча	Смородина дикуша	Малина сахалинская	Рябина амурская	Итого
1	2	3	4	5	6	7
Аванское	0	0	22,6	1,8	0	279
Амгуньское	0	0	58	24	0	291,9
Аянское	111	0	0	0	0	264
Баджальское	0	0	54,6	24	0	224,9
Бикинское	0	0	7,1	0	0	68
Болоньское	0	0	6,1	0	0	326,9
Быстринское	0	0	98	81,3	0	561,1
Высокогорное	0	0	280	89,4	0	693,1
Горинское	3,5	0	0	2,5	0	33,9

Гурское	0	0	36,9	224,9	0	1497,8
Де-Кастринское	15	0	24,3	0	0	50,3
Иннокентьевское	0	0	39,3	46,8	0	276,5
Кербинское	0	0	680,4	352,1	0	1658,1
Кизинское	6,5	0	0	0	0	15,6
Комсомольское	0	0	22,6	4,1	0	194,9
Кур-Урмийское	0	0	88,1	113,9	0	964,4
Лазаревское	112,1	0	61,5	0	0	330,1
Литовское	0	0	30,1	2,5	0	214,2
Мухенское	0	0	358,4	75,3	0	834
Нанайское	0	0	982,4	236,1	0	4220,7
Нижнетамбовское	0	0	349,6	88,1	0	1100,1
Николаевское	0	10	0	0	25	142
Оборское	0	0	6,6	2,4	0	267,6
Охотское	100,4	0	0	0	0	246,7
Падалинское	0	0	4,6	28,3	0	425,6
Северное	0	0	520,3	211,3	0	1156
Советское	0	0	631,1	251,1	0	1456,5
Солнечное	0	0	18,3	2,5	0	97,5
Сукпайское	0	0	2575,3	285	0	4896,6
Тумнинское	0	0	250,4	180	0	776,7
Тырминское	0	0	35,6	120,5	0	326,2
Уктурское	0	0	28,4	145,3	0	649,9
Уликанское	0	0	61,3	84,3	0	398
Ульчское	0	0	120,5	0	0	510,9
Ургальское	0	0	0	0	0	108,6
Хабаровское	0	0	10,3	3,5	0	48,7
Хехцирское	0	0	5,5	1,8	0	31,6
Хорское	0	0	334,6	36,3	0	1320,3
Чумиканское	0	0	93	78,3	0	1166,7
Эворонское	0	0	19,7	2,3	0	108,2
Итого	570	30	14887,1	4768,8	63	51865,3

Таблица 4

Вероятная ежегодная стоимость ягодных ресурсов Хабаровского края

Вид ягодного растения	Допустимый объем заготовки, т	Стоимость за единицу, тыс. руб./т	Общая стоимость, млн руб.
Лимонник китайский	652,1	610	397,8
Актинидия коломикта	5 815,4	570	3314,8
Виноград амурский	288,9	560	161,8
Жимолость съедобная	10 489,2	375	3933,5
Брусника обыкновенная	10 519,5	280	2945,5
Голубика обыкновенная	3 834,6	570	2185,7
Калина обыкновенная	22,7	590	13,4
Клюква болотная	570,0	360	205,2
Шиповник Максимовича	30,0	400	12,0
Смородина дикуша	14 887,1	300	4466,1
Малина сахалинская	4 768,8	420	2002,9

Рябина обыкновенная	63,0	230	14,5
Итого, млн руб.			19653,2

В 2021 году Хабаровский край получил доход от аренды лесных участков более 2,6 млрд. руб. Как отметили в Рослесинфорге, почти половина приходится на выполнение работ по геологическому изучению недр и разработке месторождений полезных ископаемых, 37 % – на сдачу лесных участков в аренду под заготовку древесины, 5 % – на строительство, реконструкцию и эксплуатацию линейных объектов. Между тем, сохраняя леса края от бездумного освоения, этот доход можно было бы увеличить ориентировочно в 9 раз только за счет сбора ягод, без учета грибов, меда, женьшеня, элеутерококка, пушнины и других полезностей, которые предоставляют уникальные леса края.

*E-mail автора для переписки: 000337@pnu.edu.ru

Литература

1. Справочник лесоустроителя Дальнего Востока / под ред. Нешатаева В.В. – Хабаровск : Дальневост. лесоустроительное предприятие, 1973. – 226 с.
2. Лесохозяйственные регламенты лесничеств Хабаровского края. – URL: https://les.khabkrai.ru/Forest_Information/Reglamenti-lesnichestv-Nabarovskogo-kрая_01.01.2018/ (дата обращения 26.01.2024).

DOI 10.21178/160524.210

УДК 330.32; 630.96

Система показателей эффективности лесохозяйственных мероприятий

© К.Л. Михайлов*

*ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства»,
ул. Никитова, 13, Архангельск, 163062, Россия*

В статье предложен системный подход для оценки эффективности лесохозяйственных направлений (мероприятий). Представлены показатели лесохозяйственной, экономической и экологической эффективности на примере формирования подходов многоцелевого лесопользования в притундровых лесах подверженных антропогенному воздействию. Приведена градация рассматриваемых территорий по степени антропогенного воздействия, критериям, целям, направлениям и видам деятельности при внедрении многоцелевого природопользования. Отражены эффекты в случае реализации лесохозяйственных мероприятий. Охарактеризована взаимосвязь отобранных показателей эффективности. Показана необходимость всесторонней оценки будущих эффектов при разработке и реализации направлений (мероприятий) в лесном хозяйстве.

The article proposes a systematic approach to assess the effectiveness of forestry measures. The indicators of forestry, economic and environmental efficiency are presented on the example of the formation of multi-purpose forest management approaches in tundra forests exposed to anthropogenic impact. The gradation of the territories under consideration is given depending on the degree of anthropogenic impact, criteria, goals, directions and types of activities in the implementation of multi-purpose environmental management. The effects in case of implementation of forestry measures are reflected. The interrelation of the selected performance indicators is characterized. The necessity of a comprehensive assessment of future effects in the development and implementation of directions (activities) in forestry is shown.

Лесные экосистемы представляют сложные образования, предоставляющие широкий спектр продуктов (услуг). Одной из важнейших составляющих управления лесными системами является объективная и всесторонняя оценка эффективности планируемых и реализуемых мероприятий. Сформировавшийся подход оценки на основе экономических стоимостных показателей все больше демонстрирует свою ограниченность в связи с возрастающими потребностями в благоприятной окружающей среде, ускоряющимися климатическими изменениями. Выполняемая по государственному заданию Федеральным бюджетным учреждением «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства» научно-исследовательская работа «Разработка рекомендаций по ведению лесного хозяйства в лесах европейского севера России, их рациональному использованию и повышению продуктивности», включает подбор направлений (мероприятий) для совершенствования системы ведения лесного хозяйства, а также составление системы показателей для отражения лесохозяйственного, экономического и экологического эффектов в случае реализации отобранных направлений.

Одним из таких направлений, предусмотренным для исследования техническим заданием, является организация многоцелевого природопользования в притундровых лесах подверженных антропогенному воздействию. Для северных регионов Европейской части России природопользование в значительной степени осуществляется с участием лесов, то есть уместно говорить о лесопользовании. Территория притундровых лесов Мурманской области ограничена на севере $69^{\circ}20'$, на юге – $66^{\circ}40'$ с. ш., на западе – $30^{\circ}10'$, на востоке – $39^{\circ}90'$ в. д. Это вытянутая с северо-запада на юго-восток полоса шириной от 50 до 150 км [1, с. 60]. Притундровые леса Архангельской области и Республики Коми протянулись почти на 26° по долготе – от $39^{\circ}41'$ в. д. до Уральских гор. Их граница начинается от Двинской губы Белого моря севернее 65° с. ш., идет по южной окраине Мезенского района к верховьям рек Цильма и Мезенская Пижма, откуда направляется к Печоре, трижды пересекая ее под 66° с.ш. От поселка Косью граница опускается к среднему течению реки Вангыр, истокам рек Кожим и Косью, а далее к востоку совпадает с 65° с.ш. [1, с. 76]. На территории сформировано 11 лесничеств – в Архангельской области два лесничества, в Мурманской области три лесничества, в Республике Коми пять лесничеств, в Ненецком автономном округе одно лесничество. На обозначенной территории площадь лесов составляет 20 млн га, из которых лишь пятая часть отнесена к эксплуатационным лесам, лесистость территории 60 %, расчетная лесосека 2,2 млн м³. При переходе от одноцелевого к многоцелевому лесопользованию преобразуется характер и структура самих лесов, изменяется система ведения лесного хозяйства, возрастает ресурсный и ассортиментный объем предоставляемой продукции (услуг). В процессе исследования приведена градация рассматриваемых территорий в зависимости от степени антропогенного воздействия, критериев, целей, направлений и видов деятельности при внедрении многоцелевого природопользования; выделены территории, подвергшиеся рубкам лесных насаждений; территории, подвергшиеся природным аномальным явлениям; территории, подвергшиеся антропогенному загрязнению от деятельности промышленных предприятий [2].

Для первой группы территорий реализация системы многоцелевого природопользования ориентируется на увеличение видов использования лесов. Высокая доля защитных лесов, малые запасы древесины на 1 га, низкая товарность древостоев, сложная доступность и отсутствие производственных мощностей не позволяют рассчитывать на притундровые леса как на существенный резерв заготовки древесины. Поэтому, в первую очередь, следует рассматривать недревесные полезности леса и предоставление туристическо-рекреационных услуг. В качестве оценочных показателей (появляющегося экономического эффекта) должны быть увеличение доходности территории от недревесных полезностей леса, возрастание видов экономической деятельности не связанных с изъятием древесины. При активизации инвестиционных вложений экономическую эффективность отражают чистая приведенная стоимость (NPV), внутренняя норма доходности (IRR), срок окупаемости инвестиций, рентабельность [3, 4].

Для территорий, подвергшихся природным аномальным явлениям, определяющим становится деятельность по минимизации негативного влияния, обеспечивающего приспособление хозяйства от последствий ветровалов, пожаров, усыхания, ущерба от насекомых вредителей леса, патогенных организмов, животных; снижению будущих рисков в процессе преобразования характера и структуры лесов. Для рассматриваемых территорий предполагается подбор и проведение лесохозяйственных мероприятий (в первую очередь санитарных рубок, рубок ухода, лесовосстановление), способствующих активному формированию ресурсной базы полезностей леса, а также по минимизации последствий аномальных явлений. В качестве оценочных показателей могут использоваться индексы площадей подверженных негативному воздействию, поврежденных и погибших насаждений, лесовосстановления. [5, 6].

Для третьей группы территорий требуется проведение работ по нейтрализации загрязнения от промышленных предприятий. Оценочными характеристиками выступают

площади рекультивации, восстановления растительности, создания лесных культур. Хотя для данных территорий актуально восстановление любой растительности, стратегическим ориентиром многоцелевого природопользования должно стать лесовозобновление автохтонными хвойными породами. Инвестиционные вложения в экологические мероприятия, можно оценивать показателем экологической эффективности инвестиций, как отношение величины экологического эффекта к объему инвестиций. С показателем связана сложность расчета экологического эффекта, отсутствие унифицированной общепризнанной методики. В зависимости от исследуемой породы дерева, географического расположения, возраста и других характеристик проявление экологического эффекта изменяется. Представление экологических эффектов (средоформирующих функций) лесов является актуальной сложной задачей современной науки, вследствие множественности параметров проявления и несопоставимости. Вызывают научный интерес подходы, изложенные в работах Куцевалова М.А., Успенского В.В., Артюховского А.К., Лебедева Ю.В., Лапицкой О.В., Хоссейна А., Марчук В.А., Воронова М.П., Часовских В.П. и др. [7, 8, 9, 10]. Масштабное практическое использование предлагаемых подходов сдерживается множественностью проявляющихся эффектов и трудоемкостью расчетов. Предлагаемый нами показатель экологической эффективности инвестиций ориентирован на выделение главного целевого параметра, наиболее значимого в данный момент для лесного региона, и на который ориентировано инвестиционное мероприятие [11, 12].

Применение представленных показателей позволяют получить более объективную всестороннюю информацию о результативности лесохозяйственного мероприятия на системной основе. Так применение показателей экономической эффективности отражает в абсолютной форме количество получаемых эффектов; обеспечивает информацией о произведенной продукции в лесном хозяйстве для реализации стратегических задач по лесовосстановлению и лесоразведению. Главным пользователем данной информации являются управленческие структуры, отраслевые министерства, региональные власти. Использование показателя чистой приведенной стоимости, внутренней нормы доходности, рентабельности расширяет возможности для привлечения внебюджетных средств на основе коммерческого интереса в лесной бизнес. Показатель экологической эффективности инвестиций «работает» в интересах социума, заинтересованного в благоприятной среде обитания, раскрывает возможности лесов не только как источника получения древесины и недревесных ресурсов. Системность подобранных показателей обеспечивается: единым подходом в оценке как соотношения результата (эффекта) и затрат (инвестиций); обеспечивает синергетическим эффектом информацией о мероприятии; каждый показатель самостоятелен в представлении результативности мероприятия, при этом является составной частью более широкой оценки результата; показатели связаны и взаимообусловлены. Подобранные показатели дают как относительное соотношение при оценке лесохозяйственной и экологической эффективности, так и абсолютное при экономической оценке.

Публикация подготовлена по результатам НИР, выполненных в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований в сфере деятельности Федерального агентства лесного хозяйства. Регистрационный номер темы: 122020300231-2

E-mail автора для переписки: klm1958@sevniilh-arh.ru

Литература

1. Чертовской, В.Г. Предтундровые леса / В.Г. Чертовской, Б.А. Семенов, В.Ф. Цветков и др. – М. : ВО «Агропромиздат», 1987. – 168 с.

2. Михайлов, К.Л. Формирование системы многоцелевого природопользования в притундровых лесах подверженных антропогенному воздействию / К.Л. Михайлов // Экономика природопользования. – 2023. – № 5. – С. 90-100. – DOI: 10.36535/1994-8336-2023-05-3
3. Воронков, П.Т. Использование показателя чистой приведённой стоимости для оценки экономической эффективности рубок лесных насаждений / П.Т. Воронков, А.В. Алексеев, А.С. Шальнев, В.В. Дегтев, А.М. Валиева // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Экономика и управление. – 2014. – № 4 (23). – С. 71–78.
4. Михайлов, К.Л. Составление системы показателей для оценки эффективности лесохозяйственных мероприятий / К.Л. Михайлов // Сохранение биоразнообразия и рациональное ведение лесного хозяйства: опыт, проблемы, перспективы (Антоновские чтения). – Пенза : Пензен. гос. аграр. ун-т, 2023. – С. 114-117.
5. Марчук, В.А. Экологическая оценка лесов в системе устойчивого природопользования / В.А. Марчук // Природопользование и экологические риски : матер. науч.-практ. конф., Минск, 5 июня 2019 г. – Минск : БГТУ, 2019. – С. 200–204.
6. Хоссейн, А. Стоимостная оценка средообразующих функций лесов / А. Хоссейн // Труды БГТУ. – 2017. – Серия 5. – № 1. – С. 329–332.
7. Куцевалов, М.А. Коэффициенты экологической эффективности леса / М.А. Куцевалов, В.В. Успенский, А.К. Артюховский // Изв. вузов. Лесной журнал. – 2000. – № 2. – С. 36–40.
8. Лапицкая, О.В. Эколого-экономические особенности лесопользования в Республике Беларусь / О.В. Лапицкая // Эко-потенциал. – 2013. – № 1-2. – С. 93-104.
9. Лебедев, Ю.В. Методология, принципы и практика оценки лесных экосистем / Ю.В. Лебедев // Изв. вузов. Лесной журнал. – 2015. – № 1. – С. 9-19.
10. Воронов, М.П. Методика экономической оценки средоформирующих функций леса / М.П. Воронов, В.П. Часовских // Эко-потенциал. – 2013. – № 1-2. – С. 13-23.
11. Комплексная продуктивность земель лесного фонда / В.Ф. Багинский, Л.Д. Есимчик, В.В. Гримашевич и др. / Под общей редакцией В.Ф. Багинского. – Гомель : Институт леса НАН Беларуси, 2007. – 295 с.
12. Желдак, В.И. Вопросы совершенствования нормативно-методического регламентирования лесоводственных мероприятий, сохранения и усиления экологической, природоохранной роли лесов / В.И. Желдак // Устойчивое лесопользование. – 2013. – № 1 (34). – С. 45–52.



DOI 10.21178/160524.214

УДК 332.33

Карбоновые полигоны в лесных экосистемах: опыт и направления исследований

© С.С. Морковина*, А.П. Шашкин

*Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова,
394087, Воронеж, Тимирязева, 8, Россия*

В статье рассмотрены вопросы создания карбоновых полигонов в лесных экосистемах страны. Рассмотрены причины существенных изменений происходящих в лесных экосистемах в последние десятилетия. Дана оценка кадровому потенциалу и компетенциям ответственных исполнителей карбоновых полигонов. Рассмотрена деятельность карбоновых полигонов созданных в лесных экосистемах и представлены основные характеристик и выполненных работ. Показаны направления и способы способные уменьшить воздействие изменения климата на леса и повысить устойчивость лесных территорий, в том числе за счет внедрения климатически оптимизированных методов ведения лесного хозяйства и ускоренного лесовосстановления обезлесенных площадей.

The article discusses the issues of creating carbon polygons in the country's forest ecosystems. The reasons for significant changes occurring in forest ecosystems in recent decades are considered. An assessment was made of the personnel potential and competencies of responsible executors of carbon testing sites. The activities of carbon polygons created in forest ecosystems are considered and the main characteristics and work performed are presented. Directions and methods are shown that can reduce the impact of climate change on forests and increase the sustainability of forest areas, including through the introduction of climate-smart forestry methods and accelerated reforestation of deforested areas.

Деятельность человека и возрастание антропогенных нагрузок стало причиной существенных климатических изменений и глобального потепления. Только за последний год средние значения температуры превысили доиндустриальный уровень на 1,5 °С, и это при том что 2023 год стал самым теплым за всю историю наблюдений более 100 000 лет во всем мире. Наиболее остро климатические изменения проявляются в Европе [1]. Россия также сталкивается с сильнейшими климатическими вызовами, проявляющимися в росте средних температур, увеличении количества засух, наводнений, ураганов и иных опасных явлений. Это в совокупности может привести к острым экологическим, а впоследствии, к экономическим кризисам.

Россия лесная держава, и обладает чуть более чем 20 % всех лесов планеты, в связи с чем, вклад лесных экосистем страны в поддержание углеродного баланса планеты огромен. Изменения климата связанные с ростом температуры и уменьшением количества осадков, могут оказывать прямое воздействие на леса. Эти воздействия различаются в зависимости от региона и типа леса. Некоторые воздействия могут быть полезными, и способствовать росту деревьев, тогда как другие могут быть разрушительными и приводить к уничтожению лесных экосистем.

Леса являются важной частью углеродного цикла и могут помочь смягчить последствия изменения климата во всем мире. Леса поглощают углерод по мере своего роста, выступая в качестве «банка» хранения углерода, который помогает компенсировать выбросы ископаемого топлива. Однако, лесные экосистемы страны также крайне уязвимы к изменениям климата, а углеродный бюджет за последнее десятилетие претерпел значительные изменения [2].

Причины этого известны: обширные лесные пожары, болезни леса, интенсивная вырубка лесов и многократно увеличившаяся антропогенная нагрузка на лесные экосистемы (рис.).

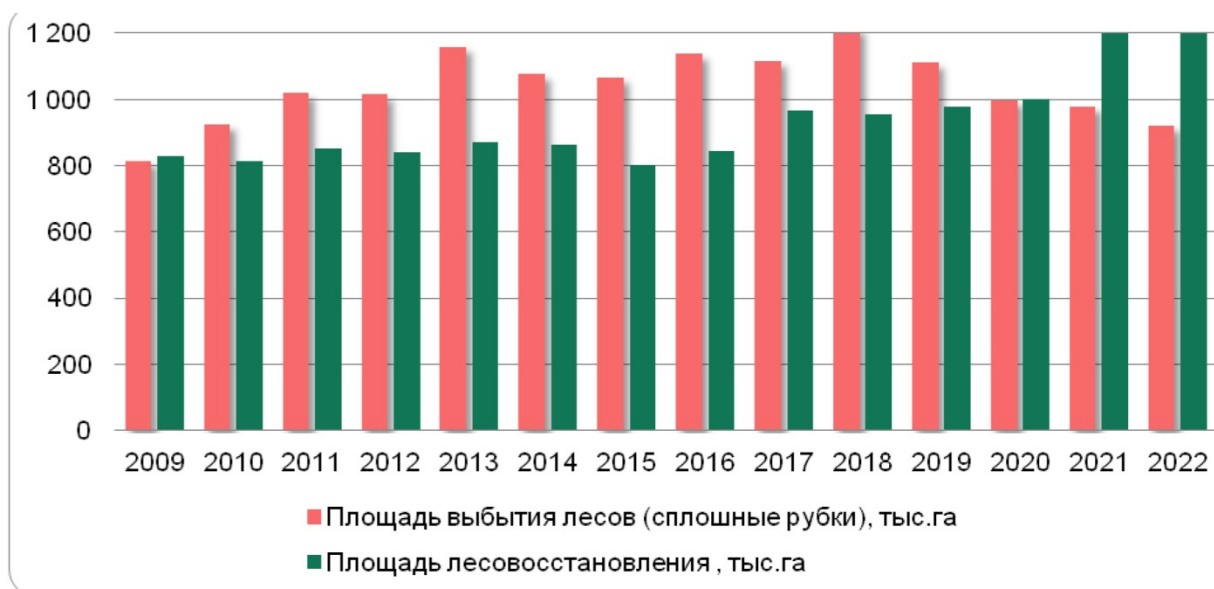


Рис. Динамика баланса выбытия и воспроизводства лесов в Российской Федерации, тыс. га

Вырубка лесов или их выбытие в лесных пожарах приводят к выбросу накопленного углерода в атмосферу. Перевод лесных земель из покрытой в непокрытую площадь, для других целей сельского хозяйства и строительства приводит к утрате накопленного углерода, без шансов на его восстановление [3].

Следует подчеркнуть, что климатические факторы, влияющие на лесные экосистемы разнообразны, и в совокупности могут существенно повысить риски утраты лесов [4]. Если на первом этапе повышение аридности климата приводит к ослаблению деревьев, то вспышки болезней и насекомых могут привести к гибели ослабленных насаждений, уже на следующих этапах. Лесные пожары, так же способны повысить уязвимость лесов к вспышкам вредителей и болезней.

Изменение климата также угрожает экосистемным услугам лесов в первую очередь накоплению углерода, поддержанию биоразнообразия, гигиеническим, водорегулирующим и средообразующим функциям лесов. Ключевой экосистемной услугой лесов является поглощение углекислого газа из атмосферы и накопление его в корнях, почве, подлеске и лесной подстилке. При этом климатические изменения приводят к различным последствиям в части накопления углерода. Увеличение количества осадков ведет к эрозии почв и выбросу накопленного углерода, аналогично, рост температуры воздуха способствует росту числа лесных пожаров, вспышек размножения насекомых и болезней, что также ведет к увеличению выбросов накопленного углерода в атмосферу.

В последние годы внимание исследователей приковано к оценкам углеродного баланса лесных экосистем [5].

В целях реализации национального плана мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 года, утвержденного распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 декабря 2019 г. № 3183-р [6], в соответствии со Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 [7], и Климатической доктриной Российской Федерации, утвержденной распоряжением Президента Российской Федерации от 17 декабря 2009 г. № 861-рп [8], в связи с необходимостью повышения эффективности научно-технической деятельности в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений приказом Минобрнауки России от 05.02.2021 № 74 [9] предусмотрена реализация пилотного проекта по созданию полигонов для разработки и испытаний технологий контроля углеродного баланса как специально оборудованных участков местности, используемых для разработки и испытаний технологий дистанционного и наземного контроля эмиссии парниковых газов и других значимых для изменения климата параметров и проведения исследований источников и поглотителей парниковых газов.

Для ответа на вопросы оценки углеродного баланса лесов и разработки мер, направленных на их адаптацию к изменениям климата в нашей стране создано 17 карбоновых полигонов в различных регионах, в том числе 7 полигонов в лесных экосистемах страны.

Карбоновые полигоны представляют собой участки земной поверхности с репрезентативными для данной территории рельефом, структурой растительного и почвенного покрова, на котором реализуется комплекс мероприятий, направленных на отработку технологий контроля баланса климатически активных газов природных экосистем. На карбоновых полигонах посредством наземных и дистанционных методов проводится оценка пространственной и временной изменчивости потоков климатически активных газов, а также определение интегральных значений, составляющих радиационного, теплового, водного и углеродного баланса. На карбоновых полигонах проводятся исследования технологий и подходов повышения поглощающей способности территорий. В этом отношении в списке климатически активных газов в первую очередь выделяют углеродсодержащие: углекислый газ (CO_2) и метан (CH_4).

На конец 2023 года карбоновые полигоны были оснащены передовым научным оборудованием на 70 %. Что не позволило в полном объеме реализовать повестку НИОКР.

Не менее важное место в ресурсном обеспечении деятельности карбоновых полигонов отведено кадровому потенциалу и компетенциям ответственных исполнителей.

В области мониторинга региональных запасов углерода и потоков парниковых газов работают 61 специалист, в том числе повысили свою квалификацию 39 специалистов. Такой кадровый потенциал способен обеспечить выполнение измерительно-аналитических работ на карбоновых полигонах (табл.).

Таблица

Кадровый потенциал карбоновых полигонов

Карбоновый полигон	Численность специалистов в области измерений	Повысили квалификацию	Численность специалистов в области работы с БПЛА
«Евразийский карбоновый полигон»	2	8	3
«Мухрино»	3	3	2
«WAY CARBON»	4	3	3
«БиоКарбон»	4	4	3
«Карбон-Поволжье»	3	2	3

Карбоновый полигон	Численность специалистов в области измерений	Повысили квалификацию	Численность специалистов в области работы с БПЛА
«Карбон-Сахалин»	0	0	3
«Росянка»	8	5	2
«Урал-Карбон»	3	1	3
«Чашниково»	6	0	4
Калужский карбоновый полигон	3	2	3
Тюменский карбоновый полигон	6	3	2
ЯНАО «Семь лиственниц»	8	5	2
Дальневосточный	5	0	0
Томский карбоновый полигон	3	2	2
FOR&ST CARBON	3	1	3
Итого	61	39	38

В настоящий момент трудности созданных карбоновых полигонов лежат в плоскости отсутствия единой системы полевых измерений для эффективного мониторинга региональных запасов углерода и потоков парниковых газов.

Остановимся более подробно на деятельности карбоновых полигонов созданных в лесных экосистемах. Полигон Урал-карбон создан для изучения хвойных лесов южнотаежного типа. Ведутся исследования потоков парниковых газов над растительным пологом методом пульсаций на площади более 500 га, исследователями и специалистами разработаны технологии лесной рекультивации нарушенных земель, а также технологические решения по облесению отвалов горных разработок.

Исследования по мониторингу потоков парниковых газов в широколиственных лесах осуществляются на полигоне Карбон-Поволжье. На полигоне Чашниково в смешанных широколиственных лесах традиционный мониторинг потоков парниковых газов, дополняется элементами моделирования и прогнозирования потоков парниковых газов, а для практических целей разрабатывается технология депонирования углерода на плантациях мескантиуса.

Лесные экосистемы Сибири, исследуются на полигоне БИОКарбон. Для практических целей изучаются процессы зарастания лесом старопахотных сельскохозяйственных земель, позволяющих оценить возможности агролесоводства в Сибири. На карбоновом полигоне Калужский осуществляется мониторинг эмиссии парниковых газов при естественном изреживании древостоя. Здесь же проводится оценка объемов наземной фитомассы на основании радарных, лидарных, мульти- и гиперспектральных снимков с использованием космических систем и беспилотных летательных аппаратов.

Карбоновый полигон FOR&ST CARBON локализован в хвойных и лиственных лесах лесостепной зоны России. Общая площадь карбонового полигона на землях лесного фонда, предназначенная для мониторинга потоков парниковых газов репрезентативными типами экосистем составляет более 158 га.

На постоянных пробных площадях отрабатываются методики учета пулов и потоков углерода, включающие оценку запасов углерода фитомассы, мортмассы и почвы, величины поглощения CO₂ в процессе фотосинтеза у древесных пород разных видов: как хвойных, так и лиственных. Благодаря проведённым работам учеными университета получена цифровая модель рельефа местности и растительности. Запущен непрерывный мониторинг и анализ метеорологических данных.

Следует отметить, что в соответствии с разработанными программами каждый карбоновый полигон осуществляет практико-ориентированные исследования в части:

- определения границ проектной деятельности, включая обоснование пулов углерода и парниковых газов, на которые проектная деятельность оказывает влияние, описание существующих аналогов и обоснование преимуществ новой технологии, позволяющих увеличить секвестрационный потенциал природного объекта;
- обоснование базового сценария климатического проекта;
- разработка и апробация методик учёта эмиссии и секвестрации парниковых газов и расчёта выбросов и поглощения парниковых газов в рамках разрабатываемой секвестрационной технологии;
- организация мониторинга эмиссии и секвестрации парниковых газов в рамках реализуемой секвестрационной технологии;
- подбор и научное обоснование системы машин, приборов и оборудования.

Благодаря исследованиям, проводимым на карбоновых полигонах, уже понятно, что уменьшить воздействие изменения климата на леса и повысить устойчивость лесных территорий возможно разными способами, включая следующие:

- внедрить климатически оптимизированные методы ведения лесного хозяйства, включая лесоводство направленное на снижение горимости лесов или усиления контроля за лесными пожарами;
- повышение роли городских, пригородных и сельских лесов для целей регулирования климата и увеличения секвестрации углерода;
- поддержания биоразнообразия и предотвращения распространения инвазивных видов древесных растений;
- комплекс мер по улучшению фитосанитарного состояния лесов в целях предотвращения вспышек размножения насекомых и болезней леса;
- ускоренное лесовосстановление на обезлесенных площадях на основе щадящих технологий, позволяющих сохранять углерод в почве.

*E-mail автора для переписки: tc-sveta@mail.ru

Литература

1. Shvidenko, A. A Modelling System for Dead Wood Assessment in the Forests of Northern Eurasia / A. Shvidenko, L. Mukhortova, E. Kapitsa [et al.] // *Forests*. – 2023. – Vol. 14, no. 1. – P. 45. – DOI 10.3390/f14010045.
2. Романовская, А.А. Эмиссии парниковых газов от управляемых земель Российской Федерации: тенденции, потенциал митигации и адаптации / А.А. Романовская, В.Н. Коротков, П.Д. Полумиева [и др.] // *Изменения климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования* : Сборник тезисов докладов Всероссийской конференции, Москва, 26–28 ноября 2019 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "Физматкнига", 2019. – С. 168.
3. Морковина, С.С. Научно-методические основы сокращения выбросов и увеличения поглощения парниковых газов лесами при осуществлении лесохозяйственных мероприятий и проектной деятельности (лесоклиматических проектов) в субъектах Российской Федерации / С.С. Морковина, С.М. Матвеев, Н.В. Яковенко [и др.]. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – 231 с. – ISBN 978-5-7994-1063-6.
4. Мамонов, Д.Н. Сравнительная оценка методов учёта депонирования углерода сосново-берёзовыми лесными насаждениями Воронежской области / Д.Н. Мамонов, С.С. Морковина, С.М. Матвеев [и др.] // *Лесотехнический журнал*. – 2022. – Т. 12, № 3 (47). – С. 4-15. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2022.3/1.
5. Morkovina, S.S. Opportunities and Prospects for the Implementation of Reforestation Climate Projects in the Forest Steppe: An Economic Assessment / S.S. Morkovina, S.S. Sheshnitsan, E.A. Panyavina [et al.] // *Forests*. – 2023. – Vol. 14, no. 8. – P. 1611. – DOI 10.3390/f14081611.
6. Об утверждении национального плана мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 г. : Распоряжение Правительства РФ от 25 декабря 2019 г. № 3183-р. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73266443> (дата обращения: 29.04.2024).

7. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации : Указ Президента РФ от 1 декабря 2016 г. N 642 (с изменениями и дополнениями). – URL: <https://base.garant.ru/71551998> (дата обращения: 29.04.2024).

8. О Климатической доктрине Российской Федерации : Распоряжение Президента Российской Федерации от 17.12.2009 N 861-рп. – URL: <https://base.garant.ru/2170243> (дата обращения: 29.04.2024).

9. Регламент рассмотрения Экспертным советом при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации по вопросам научного обеспечения развития технологий контроля углеродного баланса инициативных предложений от заинтересованных организаций по созданию на базе научных организаций и образовательных организаций высшего образования карбоновых полигонов в рамках пилотного проекта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в соответствии с приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 5 февраля 2021 г. № 74 / Минобрнауки России. – URL: <https://minobrnauki.gov.ru/upload/iblock/7f1/fdtxh03gk5nhaizfh3vtpszellzaal53.pdf> (дата обращения: 29.04.2024).

DOI 10.21178/160524.220

УДК 630

Проблемы сбалансированного развития лесного комплекса Российской Федерации

© И.Г. Мураев

*Министерство природных ресурсов и лесопромышленного комплекса Архангельской области,
ул. Выучейского, 18, Архангельск, 163069, Россия*

В работе рассмотрены актуальные проблемы развития лесного комплекса страны, представлен анализ концентрации лесопромышленных предприятий и лесообеспеченности по федеральным округам, проведена бально-рейтинговая оценка баланса развития лесного комплекса России, выделены основные критерии развития.

The actual problems of the national forest complex's development are considered in this article. The author examines the analysis of the concentration of the timber industry and forest endowments by federal districts, the score-rating evaluation of the development of Russian forest complex and the main development criteria.

Территориальное размещение отраслей является важной составляющей определения устойчивости функционирования и эффективности развития лесного комплекса. Концентрация лесопромышленных предприятий на определённых территориях связана с множеством факторов. Для лесозаготовительной отрасли, которая ориентирована на заготовку, вывозку, предварительную обработку и частичную переработку крупных лесоматериалов и отходов лесозаготовки, размещение производств, в первую очередь, определяется природно-ресурсными и климатическими факторами.

Лесообеспеченность территорий предопределяет создание предприятий лесозаготовительной отрасли [1, 2]. Большие запасы леса находятся в Дальневосточном и Сибирском округах (рис. 1, рис. 2). Далее по лесообеспеченности идут Северо-западный (10,5 %)

и Уральский (8 %) федеральные округа. В остальных федеральных округах имеются малые лесные площади с низкими запасами древесины. На размещение предприятий лесозаготовительной отрасли кроме природно-ресурсных и климатических факторов также влияют экономические и социальные факторы. Среди экономических факторов важными являются наличие инфраструктуры и трудовые ресурсы. К социальным факторам относятся наличие населения, уровень образования и квалификации работников, традиции и обычаи местного населения и т. д. В России основными районами лесозаготовок являются Сибирь, Дальний Восток и европейская часть страны. Размещение предприятий дерево-обрезающей и целлюлозно-бумажной промышленности в меньшей степени связаны с расположением лесных ресурсов. По результатам анализа производства лесопроductии в разрезе федеральных округов (табл. 1) за период 2017–2023 гг. проведена бально-рейтинговая оценка баланса развития лесного комплекса России (табл. 2).

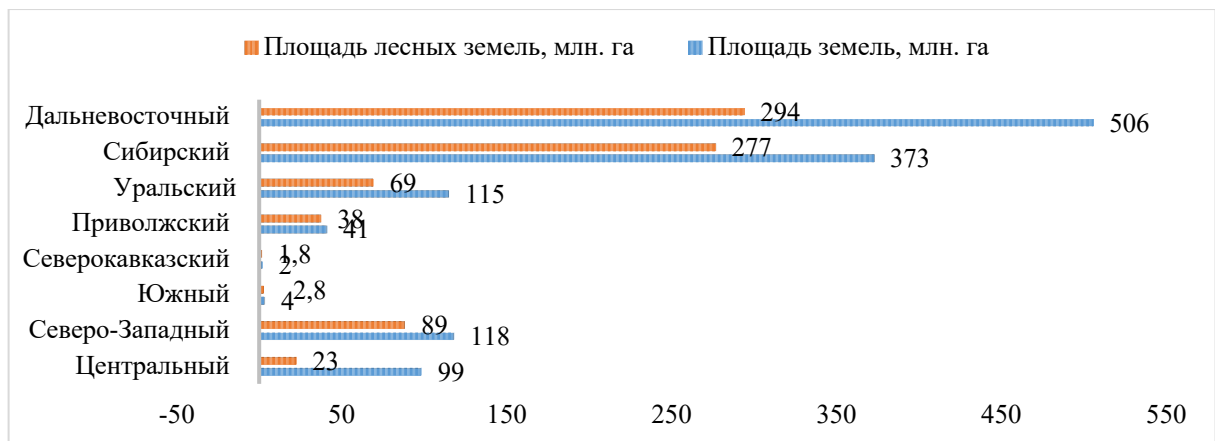


Рис. 1. Площадь лесных земель России

Источник: составлено автором по данным [2, 3]

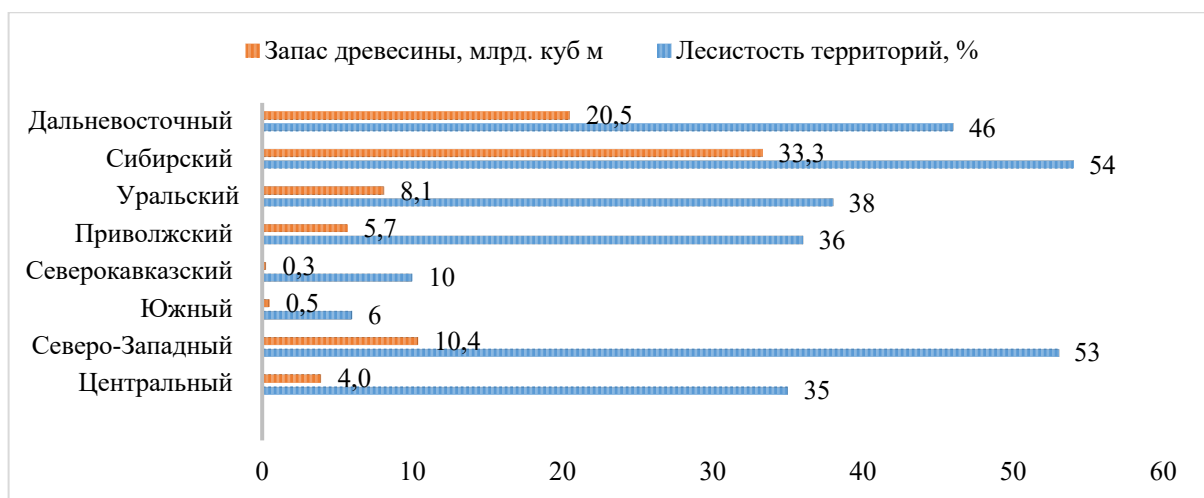


Рис. 2. Запас древесины и лесистость территорий России

Источник: составлено автором по данным [3, 4]

Таблица 1

Оценка производства лесопроизводства по федеральным округам России за 2022 г.

Федеральный округ	Лесоматериалы, продольно распиленные и расколотые, тыс. куб. м	Лесоматериалы необработанные, тыс. куб. м	Пиломатериалы хвойные, тыс. куб. м	Гранулы топливные, тыс. т	Фанера, тыс. куб. м	ДСП, тыс. куб. м	Целлюлоза древесная (по варке), тыс. т	Бумага и картон, тыс. т
РФ	28 344,3	175 873,0	25 725,6	2 004,1	3 243,2	10 279,3	8 774,1	10 043,4
ДФО	3 291,9	12 720,6	2 796,3	331,0	9,5	0,0	130,1	113,6
ПФО	3 356,2	25 711,6	2 678,9	167,8	1 183,3	2 427,3	1 154,2	2 521,4
СЗФО	7 149,8	58 263,4	6 915,1	765,8	940,0	2 192,9	5 050,8	5 161,6

СКФО	72,0	35,6	38,4	-	3,9	-	-	0,2
СФО	10 828,5	54 073,5	10 202,8	587,5	154,6	726,4	2 376,8	435,4
УрФО	1 306,0	6 317,2	1 175,4	27,6	220,9	290,8	21,9	49,0
ЦФО	2 232,1	18 436,0	1 882,4	122,4	725,0	4 633,1	0,2	1 555,9
ЮФО	111,8	331,7	5,7	1,9	6,3	8,8	40,0	206,8

Источник: составлено автором по данным [2, 4]

Сбалансированное развитие лесного комплекса с комплексным производством всех видов лесопродукции представлено в двух округах (Северо-Западном и Сибирском). Северо-Западный федеральный округ показывает сбалансированность размещения предприятий лесного комплекса и комплексного производства лесопродукции, несмотря на то, что имеет меньшие запасы древесины по сравнению с другими регионами. Поскольку здесь суммарное действие основных факторов наличие лесного сырья, материально-технической базы, инфраструктуры и транспортной сети, дополняется взаимодействием с другими отраслями производства, активное научная работа в тандеме с научно-исследовательскими институтами и университетами, подготовка квалифицированных специалистов, формирование машиностроительной зоны для лесного комплекса.

Таблица 2

Бально-рейтинговая оценка производства лесопродукции по федеральным округам России за 2022 г.

Федеральный округ	Запас древесины	Объем заготовленной древесины	Производство							Общая сумма баллов
			Лесоматериалы необработанные	Пиломатериалы хвойные	Гранулы топливные	Фанеры	ДСП	Целлюлоза	Бумага и картон	
ДВФО	2	5	5	3	3	6	6	6	6	42
ПФО	5	3	3	4	4	1	2	3	3	28
СЗФО	3	2	2	2	1	2	3	1	1	17
СФО	1	1	1	1	2	5	4	2	2	19
ЦФО	6	4	4	5	5	3	1	5	5	38
УрФО	4	6	6	6	6	4	5	4	4	45

Источник: разработано автором

Однако лесной комплекс Северо-Западного федерального округа испытывает аналогичные проблемы что и весь российский ЛПК, и которые препятствуют развитию (рис. 3).

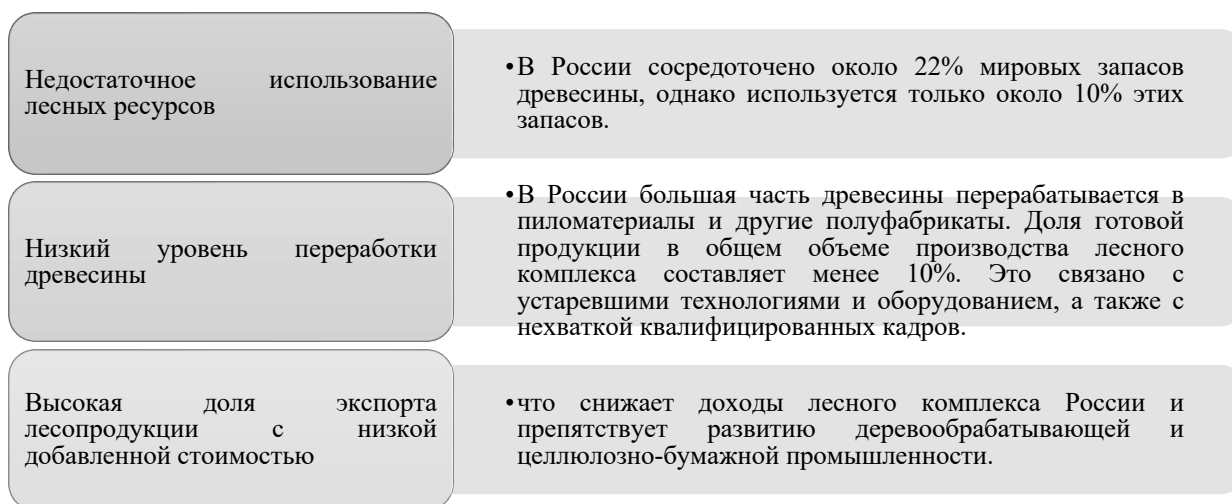


Рис. 3. Проблемы сбалансированного развития лесного комплекса России

Источник: разработано автором

Для решения проблем и сбалансированного развития лесного комплекса реализации необходимо принять ряд мер, среди которых можно выделить:

- Развитие транспортной инфраструктуры в лесных регионах.
- Предоставление экономических стимулов для лесозаготовителей.
- Модернизация деревообрабатывающих и целлюлозно-бумажных предприятий.
- Подготовка квалифицированных кадров для лесной промышленности.

Сбалансированное и комплексное развитие производства лесопродукции позволят повысить конкурентоспособность лесного комплекса Российской Федерации на мировом рынке и увеличить его вклад в экономику страны.

E-mail автора для переписки: igmuraev@gmail.com

Литература

1. Пластинин, А.В. К вопросу кластеризации лесного комплекса: результаты и опыт северных стран / А.В. Пластинин, О.П. Сушко // Инновационная наука, образование, производство и транспорт: экономика, менеджмент, география и геология, сельское хозяйство, архитектура и строительство, медицина и фармацевтика / Институт морехозяйства и предпринимательства. – Одесса : Куприенко Сергей Васильевич, 2018. – С. 9-22. – DOI 10.30888/978-617-7414-53-6.0-011.
2. Сушко, О.П. Методологические подходы к оценке эффективности функционирования институтов лесопромышленного комплекса / О.П. Сушко, А.В. Пластинин, Д.А. Скворцов. – М. : Издательство «Перо», 2022. – 138 с. – ISBN 978-5-00204-552-5.
3. Росстат. – URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/price> (дата обращения 14.01.2024). – Текст: электронный.
4. Рослесинфорг озвучил объемы экспорта древесины за 2023 год. – URL: <https://roslesinfor.ru/news/all/roslesinfor-ozvuchil-obemy-eksporta-drevesiny-za-2023-god/?ysclid=lriq5rvef351326337> (дата обращения 14.01.2024). - Текст: электронный.
5. Статистика по лесной продукции. – URL: <https://www.fao.org/forestry/statistics/84922/ru/> (дата обращения 14.01.2024).
6. WhatWood.ru | Исследования и аналитика в ЛПК России. – URL: <https://whatwood.ru/?ysclid=lrir9x8724429480302> (дата обращения 14.01.2024). – Текст: электронный.

DOI 10.21178/160524.224

УДК 338.984

Региональный лесной план как инструмент развития лесного сектора

© И.Г. Мураев

*Министерство природных ресурсов и лесопромышленного комплекса Архангельской области,
г. Архангельск, ул. Выучейского, 18, 163000, Россия*

Одной из основных управленческих полномочий в составе полномочий Российской субъектов Российской Федерации, закрепленных за регионами, является разработка и утверждение лесных планов субъектов. Лесной план, а также государственные программы по развитию лесного хозяйства определяют функционирование лесного сектора. Разработанный на основе научных и практических методов лесной план может способствовать повышению эффективности лесного сектора и конкурентоспособности регионального лесного комплекса в целом. Основным отличием нового лесного плана региона является изменение подходов со стороны государственных органов к планированию освоения лесного фонда, организации охраны лесов и его воспроизводства, периодичности актуализации информации о лесе.

One of the main managerial powers in the composition of the powers of the Russian subjects of the Russian Federation assigned to the regions is the development and approval of forest plans of the subjects. The forest plan, as well as state programs for the development of forestry, determine the functioning of the forest sector. A forest plan developed based on scientific and practical methods can contribute to improving the efficiency of the forest sector and the competitiveness of the regional forest complex as a whole. The main difference between the new forest plans of the region is the change in approaches on the part of state bodies to planning the development of the forest fund, the organization of forest protection and its reproduction, and the frequency of updating information about the forest.

Экономика лесного сектора России является по-прежнему плановой, и важными инструментами ее управления остаются государственные программы и лесные планы. Лесной план субъекта Российской Федерации – главный документ на десятилетний период, который был введен Лесным кодексом 2006 года (ст. 85-86). Основой разработки лесных планов регионов являются результаты инвентаризации лесов и лесоустройства. Разработанный на основе научных и практических методов, лесной план призван способствовать повышению эффективности лесного сектора и конкурентоспособности регионального лесного комплекса в целом [1, 2, 5, 6]. К настоящему времени нарабатан опыт внедрения и применения лесных планов субъектов Российской Федерации, который показал необходимость пересмотра системы лесного планирования в регионах. На основании этого анализа, взамен действовавшим лесным планам сегодня в регионах разработаны и введены в действие новые лесные планы. В ряде регионов новые лесные планы стали документами развития не только лесного сектора, но и в целом лесного комплекса, так как при их проектировании учитывались результаты прошлого периода применения. Таким примером может стать лесной план Архангельской области на период 2019-2028 гг. (далее – Лесной план 2018), разработка которого строилась на принципах плановой экономики лесного сектора и рыночной экономики лесной промышленности.

Соответственно в лесной план региона, утвержденный постановлением главы администрации Архангельской области от 29.12.2008 № 101 [9], включены масштабные мероприятия лесного хозяйства и лесопользования, комплексная переработка лесных ресурсов. Лесной план 2018, как новый лесной план Архангельской области обосновывает направления развития лесной политики и лесной экономики региона с учётом не только экономических целей, но и социальных и экологических приоритетов развития.

Структурно лесные планы субъекта изначально строились в соответствии с типовой формой, разработанной и утвержденной приказом Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 16.07.2007 № 182 «Об утверждении типовой формы лесного плана субъекта Российской Федерации», с добавлениями, учитывающими региональные особенности лесов и региональные обстоятельства социально-экономического характера [7-9]. В свою очередь, в связи с изменением лесного законодательства Лесной план 2018 разработан в соответствии с Приказом Минприроды России от 20.12.2017 № 692 (ред. от 03.12.2021) «Об утверждении типовой формы и состава лесного плана субъекта Российской Федерации, порядка его подготовки и внесения в него изменений» [7-9].

Первое отличие старого (далее по тексту Лесной план 2008) и нового лесных планов Архангельской области проявляется в установлении целей. В Лесном плане 2018 цели выражены неконкретно с представлением генеральной установки на «достижение устойчивого управления лесами, инновационного и эффективного развития использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, обеспечивающих опережающий рост лесного сектора экономики, социальную и экологическую безопасность области, безусловное выполнение международных обязательств РФ лесами региона» [7]. Такое целеполагание имеет место быть, если лесной план включает множество целевых показателей. Основные показатели, отраженные в плане: средний размер платы за использование лесов, поступление доходов от использования лесов, экономическая оценка полезных функций лесов, оценка объемов финансирования, экономическая эффективность реализации мероприятий лесного плана [6].

Основными отличиями Лесного плана 2008 и Лесного плана 2018 являются изменение подходов со стороны государственных органов к планированию освоения лесного фонда, организации охраны лесов и его воспроизводства, периодичности актуализации информации о лесе (проведению лесоустройства), а также значительное изменение Лесного кодекса Российской Федерации по сравнению с редакциями 2006 и 2018 годов. Так, например, в Лесном плане 2008 предусматривалось планирование мероприятий по лесоустройству, но эти мероприятия финансировались по остаточному принципу, в то время как Лесной план 2018 (в редакции до 2023 года, когда полномочия по лесоустройству были переданы на федеральный уровень) предусматривал объемы лесоустройства по годам в разрезе лесничеств, и этот план выполнялся (табл. 1).

Таблица 1

Изменение площади лесов Архангельской области, в отношении которых имеются материалы лесоустройства

По Архангельской области	Площадь лесов на землях лесного фонда, га			
	01.01.2009	01.01.2022	Изменение	
			га	%
На землях лесного фонда	28385958	28368099	-17859	-0,1
На землях населенных пунктов	35508	26922	-8586	-24,2
На землях обороны и безопасности	189447	199535	10088	5,3
На землях особо охраняемых природных территорий	532270	717055	184785	34,7
На землях иных категорий	4105	29839	25734	626,9

Благодаря проведению лесоустройства в период 2018-2023 гг., по сравнению с Лесным планом 2008 расчетная лесосека увеличилась с 21,9 млн куб. м до 27,8 млн куб. м в год (рис. 1), что связано в том числе с изменением лесного законодательства и стратегии развития лесного хозяйства в Российской Федерации до 2030 года [3]. Актуальность лесоустройства повысилась с 20 до 54 %.

Лесным планом 2018 предусмотрено возможность арендаторами лесных участков, осуществляющими заготовку древесины в Двинско-Вычегодском лесном районе Архангельской области, выбирать возможность перехода на «интенсивную» модель использования и воспроизводства лесов. Расчетная лесосека при проведении ликвидных рубок ухода увеличилась с 1,7 млн м³ (Лесной план 2008) до 1,9 млн м³ (Лесной план 2018). С учетом возможности перехода на «интенсивную» модель лесопользования, по состоянию на 01.01.2024 расчетная лесосека по ликвидным рубкам ухода составляет уже 3,9 млн м³/год (рис. 2).



Рис. 1. Динамика использования расчётной лесосеки и заготовки древесины в Архангельской области
 Источник: составлено автором по данным Министерства природных ресурсов Архангельской области : офиц. сайт. – URL: <https://dvinaland.ru/gov/> (дата обращения: 10.02.2024).



Рис. 2. Динамика лесовосстановительных работ в Архангельской области

Источник: составлено автором по данным Министерства природных ресурсов Архангельской области : офиц. сайт. – URL: <https://dvinaland.ru/gov/> (дата обращения: 10.02.2024).

Для лесопользователей законом установлена обязанность восстановления лесов на вырубленных участках. Лесным планом 2018 запланировано лесовосстановление в среднем 83,3 тыс. га ежегодно. При этом планируется создать лесные культуры на площади 50,8 тыс. га (6,1 % от площади лесовосстановления), преимущественно посадкой семян (48,7 тыс. га), в том числе с закрытой корневой системой – 39,7 тыс. га (78,1 % от площади создаваемых лесных культур) (рис. 3). Технологии создания лесных культур предусматривают обработку почвы, проведение агротехнических уходов за лесными культурами. Ежегодный планируемый объем лесовосстановления рассчитан исходя из условия полного освоения расчетной лесосеки и с учетом достижения показателя федерального проекта «Сохранение лесов» национального проекта «Экология» - «Отношение площади лесовосстановления и лесоразведения к площади вырубленных и погибших лесных насаждений» к 2024 г. в размере 100 %. При этом, масштабное лесовосстановление в регионе предусматривает сохранение существующего породного состава лесов. Согласно нормативным требованиям, для Двинско-Вычегодского лесного района Архангельской области установлены целевые породы, которыми являются местные древесные виды, соответствующие лесорастительным и экономическим условиям, древесина которых наиболее востребована в лесопромышленном производстве: сосна, ель и берёза. Основным потребителем сырья в Двинско-Вычегодском районе является Котласский целлюлозно-бумажный комбинат (г. Коряжма), использующий в производстве достаточно большое количество лиственных пород, прогнозируемая доля которых в сырье для варки целлюлозы будет увеличиваться. Установление лиственных быстрорастущих пород как «целевых» может нарушить выстроенную годами систему воспроизводства коренных лесных формаций в области, поэтому Лесным планом 2018 для данного лесного района предусматриваются минимально допустимые доли по площади создаваемых насаждений целевых древесных пород, обеспечивающие сохранение хвойных в составе лесов (хвойные породы – 66 %, лиственные породы – 34 %). При этом создание лесных культур планируется с участием хвойных пород с доминирующим использованием семян закрытой корневой системой в объеме не менее 50 % от площади создаваемых лесных культур. Создание и формирование насаждений с преобладанием березы осуществляется за счет создания смешанных или чистых культур березы для обеспечения в сырье фанерных производств, или естественным путем для обеспечения потребностей целлюлозно-бумажной промышленности.

Существенным отличием старого и нового лесных планов региона является активное искусственное лесовосстановление – 50,8 тыс. га (6,1 % от общей площади лесовосстановления), преимущественно с посадкой семян (48,7 тыс. га), в том числе с использованием семян с закрытой корневой системой – 39,7 тыс. га (78,1 % от площади создаваемых лесных культур). Переход на создание лесных культур с применением семян с закрытой корневой системой повлиял и на планирование объема его выращивания. Так Лесным планом 2008 планировалось ежегодно выращивать порядка 20 млн семян, в том числе с закрытой корневой системой 3,5 млн штук (17,5 %). Лесным планом 2018 при тех же объемах выращивания семян доля семян с закрытой корневой системой возрастает до 60-75 % (рис. 3). Такая потребность объясняется и изменением лесного законодательства, в частности изменениями в Лесной кодекс Российской Федерации, внесенным федеральным законом от 19.07.2018 № 212-ФЗ «О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации», и отдельными законодательными актами Российской Федерации в части совершенствования воспроизводства лесов и лесоразведения». За период реализации лесного плана 2018 среднегодовой объем таких лесных культур составит от 360–474 га, при чем такие лесные культуры должны создаваться только с применением семян с закрытой корневой системой.



Рис. 3. Динамика искусственного лесовосстановления в Архангельской области

Источник: составлено автором Министерства природных ресурсов Архангельской области : офиц. сайт. – URL: <https://dvinaland.ru/gov/> (дата обращения: 10.02.2024).

В соответствии с требованиями, предъявляемыми к составу лесного плана, в Лесном плане 2018 на период его действия внесены сведения о лесных участках в разрезе лесничеств по годам, планируемых к передаче в пользование в целях заготовки, строительства и эксплуатации линейных объектов, осуществления рекреационной деятельности и охотничьего хозяйства. Данный раздел лесного плана коррелируется со стратегией развития лесного комплекса Архангельской области, в том числе по предоставлению лесных участков в целях реализации приоритетных инвестиционных проектов в целях развития лесного комплекса [3, 11].

Кроме лесного плана важным документом планирования и развития лесного комплекса является государственная программа «Развитие лесного комплекса Архангельской области на 2024-2026 годы» [10]. Данная программа в большей степени является тактическим инструментом управления с десятилетним периодом действия, который охватывает период действия старого и нового лесных планов. Данная программа по сути должна обеспечивать преемственность управления в лесном секторе.

Анализ действия лесного плана и государственной программы в Архангельской области подтверждается рядом показателей, важным из которых является рост запаса древесины (рис. 4). С 2008 г. по 2022 г. запас древесины в Архангельской области вырос с 2,5 млрд м³, до 2,6 млрд м³ (+100 млн м³), при этом наблюдается незначительное сокращение запаса хвойных лесов – 26,9 млн м³. Уменьшение запаса по хвойному хозяйству связано с увеличением заготовки древесины. По мягколиственному хозяйству с 2008 г. наблюдается положительная динамика роста запаса – с 394,7 млн м³ до 522,5 млн м³ (+127,8 млн м³). Увеличение запаса по мягколиственному хозяйству может быть связано с началом применения интенсивной модели ведения лесного хозяйства в Двинско-Вычегодском лесном районе Архангельской области, который является основным объектом для внедрения данной модели.

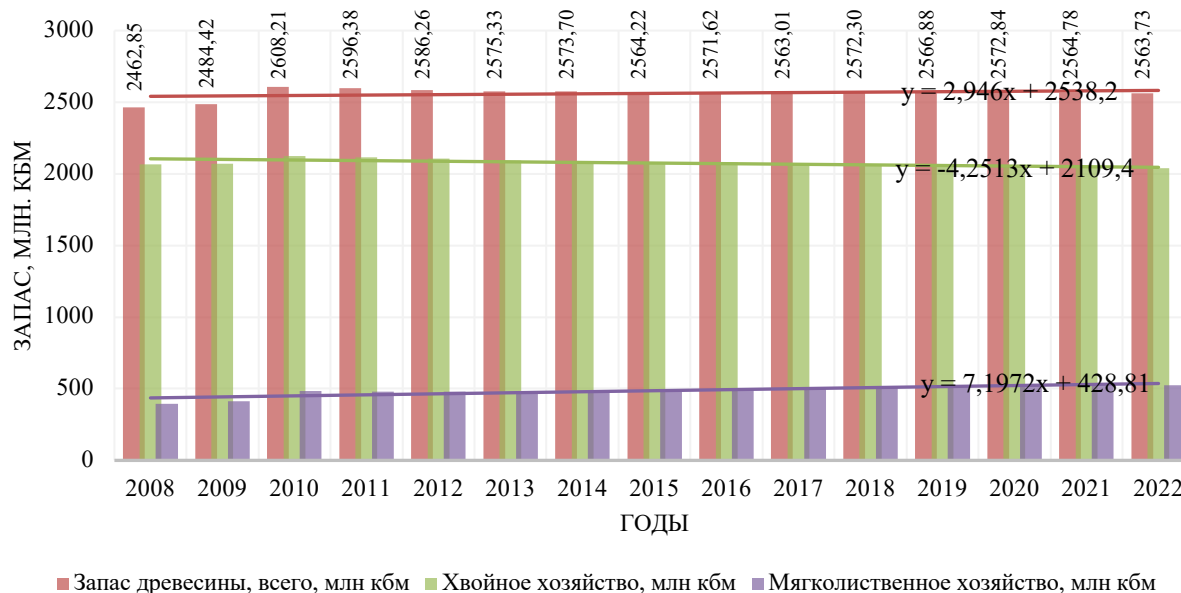


Рис. 4. Динамика изменения запасов древесины в Архангельской области с 2008 по 2022 гг.
 Источник: составлено авторами по данным Министерства природных ресурсов Архангельской области : офиц. сайт. – URL: <https://dvinaland.ru/gov/> (дата обращения: 10.02.2024).

Таким образом, достигнутые к настоящему времени результаты деятельности лесного сектора Архангельской области, показывают эффективность действия Лесного плана и Государственной программы «Развитие лесного комплекса Архангельской области», которые стали инструментами тактического и стратегического управления.

E-mail автора для переписки: igmuraev@gmail.com

Литература

- Петрунин, Н.А. Лесные планы в контексте регионального стратегического планирования / Н.А. Петрунин // Актуальные вопросы таежного и притундрового лесоводства на Европейском Севере России : материалы научно-практической конференции, Архангельск, 23–24 ноября 2023 года. – М. : Т8 Издательские Технологии, 2023. – С. 55-61.
- Гаева, В.В. Развитие лесного хозяйства России посредством планов, программ и проектов / В.В. Гаева, Е.С. Шубенкова // ЭГО: Экономика. Государство. Общество. – 2018. – № 2(33). – С. 6.
- Мураев, И.Г. Компаративный анализ деятельности лесного комплекса лесобеспеченных стран / И.Г. Мураев, А.В. Сметанин, О.П. Сушко // Креативная экономика. – 2023. – Т. 17, № 9. – С. 3357-3378. – DOI 10.18334/ce.17.9.118912.
- Прядилина, Н.К. Лесной план и конкурентоспособность регионального лесного сектора / Н.К. Прядилина // Конкурентоспособность субъектов хозяйствования в условиях новых вызовов внешней среды: проблемы и пути их решения : Сборник материалов XX Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 09 апреля 2018 года / Под общей редакцией Н.В. Мальцева. – Екатеринбург : Уральский государственный горный университет, 2018. – С. 465-471.
- Сушко, О. П. Методологические аспекты формирования механизмов хозяйственной деятельности лесного комплекса в России / О.П. Сушко // Региональная экономика: теория и практика. – 2024. – Т. 22, № 1(520). – С. 174-189. – DOI 10.24891/re.22.1.174.
- Сушко, О.П. Направления и перспективы цифровизации лесного комплекса / О.П. Сушко // Экономика, предпринимательство и право. – 2023. – Т. 13, № 11. – С. 5127-5142. – DOI 10.18334/ep.13.11.118935.
- О внесении изменений в лесохозяйственный регламент Приозерного лесничества Архангельской области : Постановление Министерства природных ресурсов и лесопромышленного комплекса Архангельской области от 29.11.2022 № 33п. // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: офиц. сайт. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/2901202211300059?ysclid=lttou5492q340009069> (дата

обращения 15.03.2024).

8. Об утверждении типовой формы и состава лесного плана субъекта Российской Федерации, порядка его подготовки и внесения в него изменений : Приказ Минприроды России от 20.12.2017 N 692 (ред. от 03.12.2021) // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: офиц. сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/542616941?ysclid=ltu0vwwg7gy542446138>. (дата обращения 15.03.2024).

9. Лесной план Архангельской области. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/462641881?ysclid=ltu10v441e762911469> (дата обращения 15.03.2024).

10. О внесении изменений в государственную программу Архангельской области «Развитие лесного комплекса Архангельской области» : Постановление Правительства Архангельской области от 13.11.2023 № 1112-пп. // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: офиц. сайт. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/2900202311150003?ysclid=lu79eokor4426906820> (дата обращения 15.03.2024).

11. Об утверждении государственной программы Архангельской области «Развитие лесного комплекса Архангельской области» : Постановление Правительства Архангельской области от 8 октября 2013 г. N 459-пп (ред. от 13 ноября 2023 г.) // Правительство Архангельской области: офиц. сайт. – URL: <https://office.dvinaland.ru/docs/pub/1dac7883b0432371c388394179757cb7/default/?&> (дата обращения: 25.08.2023).

DOI 10.21178/160524.231

УДК 330.322.013

Механизмы стимулирования инвестиций в лесной отрасли

© Т.М. Наумова^{1*}, Т.Г. Колесникова², Л.В. Смоленникова²

¹ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
пл. Ленина, д. 3, Йошкар-Ола, 424000, Россия

²Центр экономических исследований и стратегического планирования в области лесных отношений -
Обособленное подразделение ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного
хозяйства», расположенное в г. Москве, ул. Енисейская, д. 1, стр. 1, офис 238, Москва, 129344, Россия

Неразвитость механизмов стимулирования инвестиций в лесной отрасли является одной из проблем, сдерживающих развитие отрасли в целом. Формирование эффективной инвестиционной политики в лесной отрасли требует детального анализа существующих инструментов стимулирования инвестиций. Цель исследования заключается в систематизации применяемых механизмов стимулирования инвестиций в лесной отрасли с учетом институциональных особенностей развития лесной промышленности и лесного хозяйства России.

The underdevelopment of mechanisms for stimulating investment in the forestry industry is one of the problems hindering the development of the industry as a whole. Formation of an effective investment policy in the forestry industry requires a detailed analysis of existing instruments for stimulating investment. The purpose of the study is to systematize the mechanisms used to stimulate investment in the forestry industry, taking into account the institutional features of the development of the timber industry and forestry in Russia.

Значимым элементом российской экономики является лесной сектор - совокупность отраслей лесной промышленности и лесного хозяйства. Задачей его развития являются повышение конкурентоспособности лесной промышленности и обеспечение опережающего роста сектора в целом. В настоящее время лесная отрасль в России меняется. Широко обсуждаемыми проблемами в развитии лесной отрасли относят низкую степень переработки продукции лесопромышленного комплекса, недостаточность транспортной инфраструктуры лесозаготовок, низкую эффективность мероприятий по лесовосстановлению, истощение и ухудшение качества ресурсной базы лесной промышленности. В настоящее время утверждена Стратегия развития лесного комплекса до 2030 года, ключевыми задачами которой являются:

- увеличение вклада ЛПК в общую экономику страны в два раза;
- расширение присутствия России на мировом рынке продукции ЛПК;
- наращивание добавленной стоимости на единицу заготовленной древесины.

Достижению поставленных целей способствует повышение инвестиционной привлекательности лесной отрасли.

Экономической науке известны множество инструментов повышения инвестиционной активности. Основным фактором эффективного управления инвестиционной деятельностью является создание благоприятного инвестиционного климата, который предполагает стабильность экономической и политической ситуации,

развитие инфраструктуры, наличие квалифицированных кадров, научно-исследовательских возможностей, поддержку со стороны государства и местных органов власти, эффективное правовое регулирование и защиту инвестиций, финансовые и налоговые стимулы и другие факторы. Механизмы стимулирования инвестиционной деятельности направлены главным образом на создание инвестиционного климата и на развитие инфраструктуры поддержки. Разумное сочетание всех механизмов позволяет достичь главной цели экономического развития – создания качественной социальной среды. Эта проблема может быть решена через создание особых экономических зон, техно- и индустриальных парков, концессий, финансирование важных национальных инвестиционных проектов и т.д. Учитывая подверженность механизмов повышения инвестиционной активности влиянию институциональным изменениям, их внедрение в лесной отрасли должно осуществляться с учетом природно-климатических, социально-экономических и отраслевых особенностей.

Рассмотрим основные механизмы стимулирования инвестиций в лесной отрасли.

1. Приоритетные инвестиционные проекты. Программы государственной поддержки лесного сектора в России включают в себя в основном программы развития сырьевого экспорта, государственную поддержку инвестиционных проектов развития лесопромышленного комплекса, различные программы бюджетного субсидирования, а также программы поддержки отдельных направлений развития отрасли – целлюлозно-бумажного производства и деревянного домостроения. Непосредственно инструментами поддержки в рамках данных программ являются прямые государственные субсидии, механизмы компенсации затрат инвесторам, льготы по платежам за ресурсы и льготные займы. Кроме того, особенности развития лесного сектора РФ обуславливают существование специфичных мер. Это в первую очередь государственная поддержка инвестиционных проектов, поскольку реализация проектов по созданию и модернизации производств является одной из основных задач развития лесной промышленности как инвестиционно привлекательной отрасли национальной экономики [1].

2. Государственно-частное партнерство и концессионные соглашения. Решение задачи повышения инвестиционной привлекательности лесного сектора и роста лесных доходов лежит в плоскости объединения интересов государства и бизнеса посредством государственно-частного партнерства. ГЧП – это форма сотрудничества государственных структур (на федеральном, региональном или муниципальном уровнях) и частного бизнеса. Одной из форм сотрудничества государственных органов с частными компаниями является концессия. Концессионные соглашения – это соглашения между государством и частным инвестором, по которым последний получает право осуществлять управление и эксплуатацию объектами инфраструктуры, например, или предоставлять услуги с фиксацией определенного срока. В России пока почти нет проектов в лесном секторе. В настоящее время организация выполнения работ в лесном хозяйстве обеспечивается по результатам размещения государственных или муниципальных заказов или на основании договоров аренды. Первая форма организации выполнения работ применяется на лесных участках, свободных от аренды. На арендованных лесных участках выполнение работ лесного хозяйства производится арендатором или сторонней организацией после заключения договора подряда с арендатором. В этой связи уже можно говорить о возникновении государственно-частного партнерства, ведь арендаторы лесных участков не являются их собственниками, но, выращивая лес и осуществляя комплекс лесохозяйственных работ, создают или улучшают государственное имущество [2].

Заинтересованность государства в применении механизма ГЧП в лесном секторе заключается в возможности реализации стратегических планов развития отрасли, повышении уровня использования лесных ресурсов и не «рассеивание» функций предпринимателей. Частные структуры могут через механизм ГЧП вкладывать финансовые ресурсы и приумножать их.

3. Специальный инвестиционный контракт (СПИК). Это инструмент промышленной политики, направленный на стимулирование инвестиций в промышленное производство в России. Инвестор заключает соглашение с государством, в котором фиксируются обязательства инвестора реализовать инвестиционный проект, а также обязательства государства обеспечить стабильность условий ведения бизнеса и предоставить меры господдержки.

Механизм представлен в двух вариантах: СПИК 1.0 применяется для инвестиционных проектов по созданию либо модернизации и (или) освоению производства промышленной продукции; СПИК 2.0 применяется для инвестиционных проектов по внедрению или разработке и внедрению современной технологии из утвержденного перечня в целях освоения серийного производства промышленной продукции на основе этой технологии. Наиболее популярен в лесном машиностроении [5].

4. Промышленная ипотека. Механизм льготной «промышленной ипотеки» предполагает субсидирование кредитных организаций для того, чтобы те могли предоставить отечественным промпредприятиям льготные кредиты на приобретение производственной недвижимости. На получение льготной промышленной ипотеки могут претендовать индивидуальные предприниматели и юридические лица, которые являются налоговыми резидентами России. Кредиты предоставляются компаниям, чей вид деятельности относится к разделу «С» ОКВЭД (сюда входит производство транспортных средств, машин и оборудования и деревообрабатывающая отрасль, производство мебели).

В лесной отрасли имеется необходимость в инвестициях, так как они обеспечивают устойчивое функционирование и развитие объекта инвестирования, сохранение и создание конкурентных преимуществ. Но из-за потери способности формировать внутренние ресурсы, ограниченных возможностей финансирования и высокого риска долгосрочных вложений субъектам лесного хозяйства тяжело привлечь инвесторов. В таких условиях проблема управления развитием лесного комплекса и целенаправленного повышения его инвестиционной привлекательности является актуальной и подтверждает необходимость разработки мер по совершенствованию механизмов стимулирования инвестиций в лесную отрасль [3,4].

E-mail для переписки: matanya87@yandex.ru

Литература

1. Иванцова, Е.Д. Механизмы стимулирования инвестиций в лесной сектор экономики: анализ мирового опыта в контексте целесообразности его применения в России / Е.Д. Иванцова // Вестник ПГУ. Серия: Экономика. – 2020. – № 4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mehanizmy-stimulirovaniya-investitsiy-v-lesnoy-sektor-ekonomiki-analiz-mirovogo-opyta-v-kontekste-tselesoobraznosti-ego-primeneniya> (дата обращения: 27.03.2024).

2. Морковина, С.С. Государственно-частное партнерство в лесном хозяйстве ЦЧР: формы реализации и перспективы / С.С. Морковина, Бао Шанянь, О.И. Драпалюк // Лесотехнический журнал. – 2013. – № 2 (10). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gosudarstvenno-chastnoe-partnerstvo-v-lesnom-hozyaystve-tschr-formy-realizatsii-i-perspektivy> (дата обращения: 20.03.2024).

3. Петрунин, Н.А. Система финансирования лесохозяйственной деятельности в обеспечении экономической безопасности лесного сектора / Н.А. Петрунин, Т.Г. Колесникова, Л.В. Смоленникова, Т.М. Наумова // Экономические науки. – 2023. – № 6 (223). – С. 269-276.

4. Колесникова, Т.Г. Инвестиционный контур экономической безопасности лесного комплекса / Т.Г. Колесникова, Л.В. Смоленникова, Н.А. Петрунин // Вестник Марийского государственного университета. Серия "Сельскохозяйственные науки. Экономические науки". – 2023. – № 3. – С. 311-319.

5. Фонд развития промышленности. – URL: https://frprf.ru/navigator-gospodderzhky/spik_main/ (дата обращения: 27.03.2024).

DOI 10.21178/160524.234

УДК 630*1

Определение пороговых значений показателей риска увеличения количества лесных пожаров в контексте изменения климата

© И.С. Недбаев^{1,2*}, Е.И. Семёнова¹, А.О. Сорока¹

¹Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства,
Институтский пр-кт, 21, 194021, Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет, Университетская наб., д. 7–9, 199034,
Санкт-Петербург, Россия

В работе предложено решение вопроса определения пороговых значений показателей, для оценки климатического риска увеличения количества лесных пожаров и площадей, пройденных пожарами, на региональном уровне. Выбранные показатели основываются как на климатических прогнозах (расчет комплексного показателя пожарной опасности Нестерова), так и на ретроспективной оценке согласно данным государственной лесной статистики (число лесных пожаров, площадь погибших лесных насаждений, площадь, пройденная огнем). Полученные данные могут быть использованы органами исполнительной власти для определения уровня опасности данного риска в субъекте Российской Федерации.

The article proposes a solution to the issue of determining the threshold values of indicators for assessing the climatic risk of increasing the number of forest fires and areas covered by fires at the regional level. The selected indicators are based on both climatic forecasts (calculation of the Nesterov complex fire danger index) and retrospective assessment based on the state forest statistics data (number of forest fires, area of dead forest stands, area covered by fire). The obtained data can be used by executive authorities to determine the level of danger of this risk in the subject of the Russian Federation.

Государственная климатическая политика направлена на регулирование вопросов адаптации к изменению климата и смягчению его последствий на организационно-методическом уровне [1]. В частности, для лесного хозяйства необходимы методические указания по тому, как оценить уязвимость лесов [2], как оценить уровень адаптации [3] и какие практические решения стоит предпринимать, чтобы минимизировать негативные проявления рисков, вызванных климатическими изменениями.

В настоящей работе будет рассмотрено частное решение вопроса оценки климатических рисков на региональном уровне для риска увеличения частоты возникновения (лесных) пожаров в лесах и площадей, пройденных пожарами. В научно-исследовательских работах уже были предложены варианты показателей, которые могут описывать воздействие данного риска [4, 5]. Но вопрос пороговых значений для предложенных показателей остаётся дискуссионным.

Из имеющихся показателей, связанных с лесными пожарами, было решено выбрать четыре: изменение числа суток со значением класса пожарной опасности по условиям погоды (расчет комплексного показателя пожарной опасности Нестерова) более II, изменение отношения числа лесных пожаров к площади лесных земель, изменение отношения площади погибших лесных насаждений к площади лесных земель и изменение

отношения площади, пройденной огнём, к площади лесных земель. Все показатели являются динамическими по характеру расчёта. Динамику необходимо рассматривать в сравнении с базовым периодом. В качестве базового периода в прогнозных климатических моделях Главной геофизической обсерватории рассматривается период с 1990 по 1999 гг. Поэтому предлагается расчёт комплексного показателя пожарной опасности Нестерова проводить в сравнении с базовым периодом 1990-1999 гг.

Три других показателя рассчитываются на основе статистических данных, которые представлены в формах 10-ОИП и 1-ГЛР и более старых версиях статистических форм сбора данных Федеральным агентством лесного хозяйства. Они отражают негативные проявления лесных пожаров (их количество, площадь погибших насаждений и площадь, пройденную огнём) на единицу площади лесных земель, так как безотносительно площади лесных земель предложенный подход давал бы серьёзные искажения при сравнении двух различных по площади субъектов Российской Федерации. Для динамики этих показателей с учётом специфики доступности данных за период 1990-1999 гг. видится целесообразным проводить сравнение двух равнозначных по длительности периодов, в один из которых входит год, на который необходимо оценить климатический риск.

В таблице 1 представлены численные пороговые значения показателей риска увеличения частоты возникновения (лесных) пожаров в лесах и площадях, пройденных пожарами, по уровням опасности (от чрезвычайно опасного до умеренного).

Таблица 1

Значения показателей риска увеличения частоты возникновения (лесных) пожаров в лесах и площадях, пройденных пожарами, по уровням опасности (от чрезвычайно опасного до умеренного)

Показатель риска	Уровень опасности			
	Чрезвычайно опасный	Весьма опасный	Опасный	Умеренный
1. Изменение числа суток со значением класса пожарной опасности по условиям погоды (расчет комплексного показателя пожарной опасности Нестерова) более II, сут	>+10	+5 ... +10	0 ... +5	<0
2. Изменение отношения числа лесных пожаров к площади лесных земель, шт./тыс.га	>0,2	0,2 ... 0,1	0,1 ... 0	0
3. Изменение отношения площади погибших лесных насаждений к площади лесных земель, %	>0,2	0,2 ... 0,1	0,1 ... 0	0
4. Изменение отношения площади, пройденной огнём, к площади лесных земель, %	>0,5	0,1 ... 0,5	0 ... 0,1	0

Пороговые значения определялись следующим образом. По показателю изменение числа суток со значением класса пожарной опасности по условиям погоды (расчет комплексного показателя пожарной опасности Нестерова) более II пороговые значения

определялись на основе прогнозных данных Главной геофизической обсерватории (ГГО). По существующим прогнозам ГГО, при самом интенсивном сценарии изменения климатических показателей в отдельных субъектах Российской Федерации к 50-м гг. XXI века ожидается увеличение выбранного показателя на 12 суток. Следовательно, было сделано предположение, лежащее в основе данных пороговых значений, что увеличение суток более чем на 10 является чрезвычайно опасным уровнем опасности (экстремальным изменением). Также сделано допущение, заключающееся в том, что уменьшение количества суток со значением класса пожарной опасности более II в сравнении с базовым периодом не будет приводить к увеличению лесных пожаров, следовательно, значения показателя риска менее 0 были признаны умеренным уровнем опасности. Градация в 5 суток (граница между весьма опасным и опасным уровнем) была выбрана как срединное значение между двумя крайними уровнями: 0 и 10.

Пороговые значения других показателей риска (отношение числа лесных пожаров к площади лесных земель, отношение площади погибших лесных насаждений к площади лесных земель и отношение площади, пройденной огнём, к площади лесных земель) рассчитывались на основании многолетней динамики числа лесных пожаров, площади, пройденной огнём, и площади погибших лесных насаждений. Динамика рассматривалась при сравнении средних значений показателей за два пятилетних периода: 2013-2017 гг. и 2018-2022 гг. Были выделены субъекты с наиболее негативной динамикой и значение показателя округлялось до первой значащей цифры в сторону уменьшения. Таким образом, была определена граница между чрезвычайно опасным и весьма опасным уровнями опасности. И, соответственно, отсутствие увеличения числа или площадей пожаров причисляли к умеренному уровню опасности (значение показателя менее 0). Границы между опасным и весьма опасным уровнями опасности выбирались на основании известных крайних значений (чрезвычайно опасного и умеренного уровня) по собственным экспертным оценкам, связанным с имеющимся опытом анализа проявлений климатических рисков в лесах [1].

Ожидается, что использование предложенных пороговых значений показателей риска увеличения частоты возникновения (лесных) пожаров в лесах и площадей, пройденных пожарами, может быть использовано на региональном уровне органами исполнительной власти для определения уровня опасности данного риска в субъекте Российской Федерации. Развитие данного направления видится в создании системы показателей для каждого риска, их апробация и внедрение в законодательную базу в виде методических указаний по оценке климатических рисков для лесного хозяйства.

*E-mail автора для переписки: i.nedbaev@spb-niilh.ru

Литература

1. Константинов, А.В. Сценарный подход к адаптации лесных экосистем российской федерации в условиях изменений климата / А.В. Константинов // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2023. – Т. 87, № 4. – С. 558–567. – DOI 10.31857/S2587556623040039.

2. Недбаев, И.С. Оценка уязвимости лесов к климатическим изменениям / И.С. Недбаев, Е.И. Семенова, А.О. Сорока // Охрана, инновационное восстановление и устойчивое управление лесами. Forestry-2023 : Материалы Международного лесного форума, Воронеж, 13 октября 2023 года. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 98–114. – DOI 10.58168/Forestry2023_98-114.

3. Сорока, А.О. Оценка уровня адаптации к изменениям климата лесов севера Европейской части России / А.О. Сорока, И.С. Недбаев, Е.И. Семенова // Актуальные вопросы таежного и притундрового лесоводства на Европейском Севере России : Материалы научно-практической конференции, Архангельск, 23–24 ноября 2023 года. – М. : Издательские Технологии, 2023. – С. 379–385.

4. Научно-аналитическое и организационно-методическое обеспечение реализации государственной климатической политики в области лесного хозяйства : отчет о НИР (заключ.) / ФБУ «СПбНИИЛХ» ; рук. Константинов А.В. ; исполн.: Королёва Т.С. [и др.]. – СПб., 2023. – 332 с. – Библиогр.: с. 162–170. – Рег. № НИОКТР 121030300048-6.

5. Константинов, А.В. Методический подход к оценке адаптационного потенциала лесных экосистем Российской Федерации / А.В. Константинов, С.М. Матвеев // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2020. – № 2. – С. 14-33. – DOI 10.21178/2079-6080.2020.2.14.

DOI 10.21178/160524.238

УДК 582.475:630*811.24:630*161.4:622.882

Особенности роста и формирования ксилемы побегов сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в 30-летних опытно-производственных культурах, созданных при лесной рекультивации песчано-гравийного карьера

© Я.А. Неронова*, А.Н. Пеккоев, В.Б. Придача

Институт леса – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, 185910, Россия

Проведено исследование особенностей роста и формирования ксилемы побегов сосны в 30-летних опытно-производственных культурах, созданных при лесной рекультивации песчано-гравийного карьера. Из полученных результатов следует, что при данных условиях на минеральном песчаном субстрате сохранность культур и высокая интенсивность роста деревьев являются положительным фактором при формировании ксилемы побегов с лучшими качественными показателями. Внесение дополнительного торфяного субстрата благоприятным образом отражается не только на таксационных показателях 30-летних культур сосны но также приводит к формированию ксилемы побегов с более высокими качественными характеристиками трахеид.

A study was conducted of the characteristics of growth and formation of xylem shoots of pine in 30-year-old experimental production crops created during forest reclamation of a sand and gravel quarry. From the results obtained it follows that under these conditions on a mineral sandy substrate, the safety of crops and the high intensity of tree growth are a positive factor in the formation of shoot xylem with the best quality indicators. The introduction of additional peat substrate has a favorable effect not only on the taxation indicators of 30-year-old crops of pine, but also leads to the formation of xylem of shoots with higher quality characteristics tracheid.

Древесина сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) имеет огромное экономическое значение в мире, так как является ценным материалом, который находит широкое применение различных областях промышленности. Это обстоятельство служит причиной большого количества исследований, посвященных изучению строения и свойств ее древесины и влияния различных факторов на формирование структурных элементов ксилемы. Древесина сосны обыкновенной (*P. sylvestris* L.) имеет огромное промышленное значение, что требует глубоких знаний ее макро- и микроскопического строения, а также технических свойств. Благодаря особенностям анатомического строения древесных волокон сосны ее древесина оказалась ценным сырьем для технологии производства целлюлозно-бумажной продукции.

Процесс изменения некоторых качественных характеристик ксилемы, отмечаемый в последовательных годовичных кольцах, начиная с первого года жизни, обозначают, как «онтогенез древесины» [1]. Для древесины сосны и всех хвойных характерно наличие вертикальных трахеид, являющихся элементами, выполняющими несколько функций, одна из которых, механическая. Трахеиды представляют собой, замкнутые со всех сторон

и сильно вытянутые волокновидные мертвые клетки, протяженность которых в сотни раз превышает их поперечные размеры, и, сообщаясь друг с другом посредством окаймленных пор.

Объектом исследований в данной работе являлись 30-летние опытно-производственные культуры сосны обыкновенной (*P. sylvestris* L.), созданные при лесной рекультивации песчано-гравийного карьера. Карьер относительно небольшой площади (около 6 га) расположен в среднетаежной подзоне Республики Карелии [2]. Лесные культуры сосны были созданы после выработки части карьера на площади 2 га весной 1991 года. Посадки проводились сотрудниками Института леса КарНЦ РАН совместно с работниками Кончезерского лесничества. В качестве посадочного материала применялись однолетние тепличные сеянцы с открытой корневой системой. Исходная густота культур составляла 5.0 тыс. шт. на 1 га. Посадка на большей части рекультивируемой площади проводилась в дно карьера без подготовки почвы, а на площади около 0.5 га перед посадкой на поверхность песчано-гравийного субстрата дополнительно была внесена торфяная смесь [8]. Пробные площади размером 25×40 м (0,1 га) закладывались в зависимости от сохранности культур сосны на момент исследования и способа подготовки субстрата: ПП 1 – 30-летние культуры сосны средней сохранности без внесения торфяной смеси на минеральном песчаном субстрате; ПП 2 – 30-летние культуры сосны высокой сохранности без внесения торфяной смеси на минеральном песчаном субстрате; ПП 3 – 30-летние культуры высокой сохранности на минеральном песчаном субстрате с дополнительным внесением торфяной смеси. В качестве контрольного участка в непосредственной близости к карьере в сосняке брусничном была заложена постоянная пробная площадь (ПП 4-контроль) размером 30×40 м (0,12 га).

В 2021 г. на постоянных пробных площадях Института леса КарНЦ РАН проведен комплекс лесотаксационных работ. В 2022 году произведен отбор образцов побегов сосны обыкновенной (*P. sylvestris* L.) 1-го года жизни (сформированного в текущем году) и 2-го года жизни (перезимовавшего, сформированного в предыдущем году).

Обследование пробных площадей проводилось в соответствии с общепринятыми в лесной таксации методами [4, 5]. Перед отбором модельных деревьев для последующих исследований проводилось их разделение на категории крупности: отстающие, средние, лидеры. Для этого использовались лимиты распределения диаметров и высот [2].

Анатомическое строение ксилемы побегов изучалось на отобранных образцах. Для этого на замораживающем микротоме Frigomobil 1205 (Reichert–Jung, Heidelberg, Germany) изготавливались поперечные срезы побегов толщиной 14-18 мкм, которые затем окрашивались в сафранине и помещались в глицерин [6, 7, 8]. Измерение радиального диаметра люмена и толщины стенок трахеид проводилось на снимках при помощи программы цифровой обработки компьютерных изображений ADF Image Capture (рис.).

Наиболее высокая сохранность 30-летних опытно-производственных культур сосны, созданных при лесной рекультивации песчано-гравийного карьера, на момент исследования наблюдалась на ПП2 и ПП3 – 65 и 60 %, соответственно. На пробной площади с дополнительным внесением торфяной смеси (ПП3), благодаря дополнительному минеральному питанию, сеянцы сосны быстрее вступили в фазу активного роста, чем культуры, высаженные в песчано-гравийный субстрат. На момент исследования на этой пробной площади 30-летние культуры сосны имели разницу по среднему диаметру более чем в 2 раза, а по средней высоте – в 2.5–3.4 раза при сравнении с культурами на минеральном песчаном субстрате (ПП1; ПП2). Запас древесины на этих вариантах опыта в 7-12 раз уступал данному показателю насаждения на участке с отсыпкой торфяного субстрата (ПП3).

Все указанные выше особенности роста культур на пробных площадях, вызванные условиями произрастания и сохранностью культур, подтверждаются и при исследовании микроструктуры побегов сосны обыкновенной (табл.).

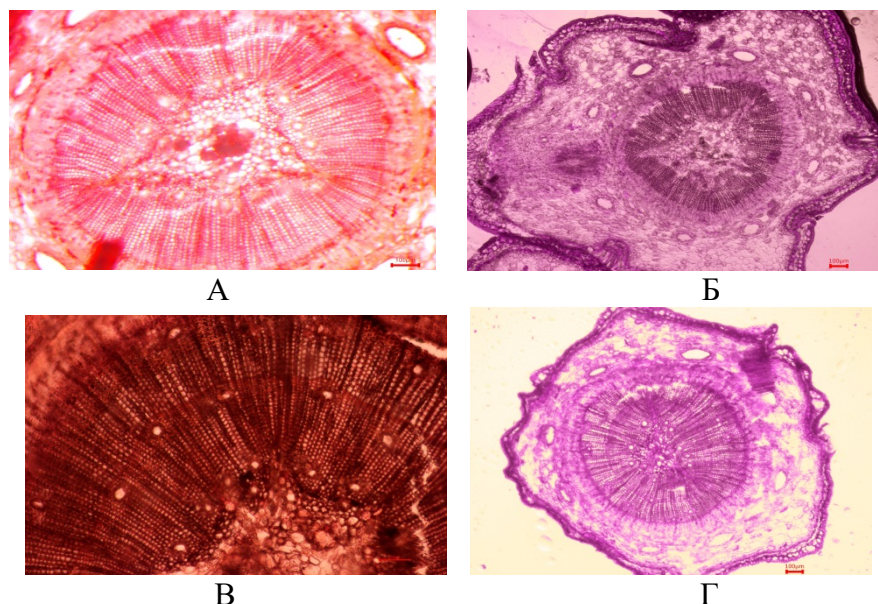


Рис. Поперечные срезы побегов опытно-производственных культур сосны обыкновенной (*P. sylvestris* L.), созданных при лесной рекультивации песчано-гравийного карьера
 А, Б – побег 1-го года (сформирован в текущем году)
 В, Г – побег 2-го года (перезимовавший, сформирован в предыдущем году)

Таблица

Средние значения основных качественных характеристик трахеид ксилемы побегов сосны обыкновенной (*P. sylvestris* L.) 1-го и 2-го года жизни

Участок	Категория деревьев	Год	Средний диаметр люмена трахеид, мкм	Средняя толщина стенки трахеид, мкм
ПП1	А	1 год	6,24±0,43	1,31±0,10
		2 год	7,79±0,76	1,42±0,27
	В	1 год	6,55±0,55	1,47±0,09
		2 год	7,13±0,49	1,41±0,07
	С	1 год	6,50±0,47	1,48±0,09
		2 год	6,76±0,66	1,31±0,03
ПП2	А	1 год	6,82±0,36	1,42±0,08
		2 год	7,14±0,99	1,46±0,04
	В	1 год	6,74±0,37	1,47±0,10
		2 год	7,53±0,62	1,34±0,14
	С	1 год	6,57±0,13	1,48±0,06
		2 год	7,61±0,27	1,45±0,10
ПП3	А	1 год	7,29±0,34	1,69±0,18
		2 год	9,05±1,29	1,69±0,29
ПП4	А	1 год	6,50±0,31	1,63±0,10
		2 год	7,41±0,50	1,76±0,17

Примечание. А – деревья высокой интенсивности роста, В – деревья средней интенсивности роста, С – деревья низкой интенсивности роста. ПП1 – 30-летние культуры сосны средней сохранности на минеральном песчаном субстрате; ПП2 – 30-летние культуры сосны высокой сохранности на минеральном песчаном субстрате; ПП3 – 30-летние культуры сосны высокой сохранности на минеральном песчаном субстрате с торфом; ПП4 – контроль (С. брусничный). Побег 1 года – сформирован в текущем году, побег 2 года – перезимовавший, сформирован в предыдущем году.

При сравнении деревьев с различной сохранностью на минеральном песчаном субстрате, можно отметить, формирование трахеид большего размера у побегов 1-го и 2-

го года жизни у деревьев различной интенсивности роста на варианте с высокой сохранностью культур. Трахеиды ксилемы деревьев высокой интенсивности роста (А) на этом же варианте опыта (минеральный песчаный субстрат с высокой сохранностью) имеют большую толщину стенки (1-й год жизни +8 %, 2-й год жизни +3 %).

У деревьев сосны, различной сохранности, вне зависимости от условий произрастания, на второй год жизни побега отмечается формирование трахеид большего размера у всех категорий деревьев по интенсивности роста (ПП1- А+25 %, В+9 %, С+4 %; ПП2- А+5 %, В+12 %, С+16 %; ПП3- А+19 %; ПП4- А+14 %). У деревьев высокой интенсивности роста различной сохранности, произрастающих на минеральном песчаном субстрате, на второй год жизни побега увеличивается толщина радиальной стенки трахеид (ПП1- А+8 %; ПП2 А+3 %). А у деревьев сосны средней и низкой интенсивности роста, произрастающих в этих же условиях, происходит образование более тонкостенных трахеид (ПП1- В -4 %, С -11 %; ПП2- В -9 %, С -2 %) большего размера.

Внесение дополнительной торфяной смеси оказывает положительное влияние на рост культур сосны обыкновенной (*P. sylvestris* L.) в данных условиях произрастания. Наблюдаются некоторые изменения в микроструктуре ксилемы побегов 1-го и 2-го года жизни. Влияние дополнительного торфяного субстрата приводит к формированию в ксилеме побегов сосны обыкновенной (*P. sylvestris* L.) более толстостенных трахеид (1-ый год жизни +19 %; 2-ой год жизни +16 %) большего диаметра (1-ый год жизни +7 %; 2-ой год жизни +27 %).

Таким образом, в результате анализа полученных в ходе исследования данных, можно отметить, увеличение размеров трахеид в ксилеме побегов у деревьев сосны высокой сохранности, произрастающих на минеральном песчаном субстрате. У деревьев высокой интенсивности роста также происходит формирование трахеид с большей толщиной стенки, т. е. с повышенной прочностью. Из полученных результатов следует, что в процессе роста опытно-производственных культур сосны обыкновенной (*P. sylvestris* L.), созданных при лесной рекультивации песчано-гравийного карьера на минеральном песчаном субстрате сохранность культур и высокая интенсивность роста деревьев являются положительным фактором при формировании ксилемы побегов с лучшими качественными показателями.

Внесение дополнительного торфяного субстрата благоприятным образом отражается не только на таксационных показателях 30-летних опытно-производственных культур сосны обыкновенной (*P. sylvestris* L.), но также приводит к формированию ксилемы побегов 1-ого и 2-ого года жизни с более высокими качественными характеристиками трахеид.

При оценке общей продуктивности объектов лесной рекультивации в данных условиях местопроизрастания, можно отметить, благоприятное влияние дополнительного внесения торфяной смеси, при прочих равных условиях, позволяющее повысить бонитет насаждения в среднем на 3 класса. Потенциальная продуктивность искусственно созданных 30-летних насаждений сосны обыкновенной (*P. sylvestris* L.) на данном участке несколько превосходит производительность ненарушенных сосновых сообществ, непосредственно прилегающих к границе карьера. Однако бонитет местопроизрастания на данный момент времени является лишь косвенным признаком успешности проведенного мероприятия и не дает полной гарантии того, что он будет сохраняться на высоком уровне и далее до достижения возраста спелости древостоя.

Финансовое обеспечение исследования осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (Институт леса КарНЦ РАН).

*E-mail для переписки: neronovaya@krc.karelia.ru

Литература

1. Поляков, А.Н. Практикум по лесной таксации и лесоустройству : учеб. пособие для средних специальных учебных заведений / А.Н. Поляков. – М. : ВНИИЦлесресурс, 1998. – 240 с.
2. Костина, Е.Э. Формирование растительного покрова при лесной рекультивации песчано-гравийного карьера в Республике Карелия / Е.Э. Костина, Г.В. Ахметова, А.Н. Пеккоев, В.А. Харитонов, А.М. Крышень. – DOI:10.31857/S0033994622030074 // Раст. ресурсы. – 2022. – № 3. – С. 290–310.
3. Pridacha, V.B. Effect of forest reclamation on carbon stocks and respiration of soils of natural and technogenic ecosystems of southern Karelia // V.B. Pridacha, G.V. Akhmetova, D.E. Semin. – DOI: 10.1134/S106422932360286X // Eurasian Soil Science. – 2024. – Vol. 57 (2), – P. 301–312.
4. Анучин, Н.П. Лесная таксация / Н.П. Анучин. – М. : Лесная промышленность, 1982. – 552 с.
5. Минин, Н.С. Анатомическое строение и плотность древесины сосняков, формирующихся на землях, вышедших из-под сельскохозяйственного использования / Н.С. Минин, В.С. Серый // Проблемы лесоведения и лесоводства : Материалы Всеросс. конф. VI Мелеховские научные чтения, посвящ. 105-летию со дня рождения И.С. Мелехова, 10-12 ноября 2010 г., Архангельск, САФУ/ САФУ. – Архангельск, 2010. – С. 77-80.
6. Ваганов, Е.А. Рост и структура годичных колец хвойных / Е.А. Ваганов, А.В. Шашкин. – Новосибирск : Наука, 2000. – 232 с.
7. Чавчавадзе, Е.С. Древесина хвойных / Е.С. Чавчавадзе. – Л. : Наука, 1979. – 190 с.
8. Angela Luisa Prendin. New research perspectives from a novel approach to quantify tracheid wall thickness / Angela Luisa Prendin, Giai Petil, Marco Carrer, Patrick Fonti, Jesper Björklund and Georg von Arx. – DOI:10.1093/treephys/tpx037 // Tree Physiology. – 2017. – Vol. 37. – P. 976–983.

DOI 10.21178/160524.243

УДК 332.1:630*911(571.6)

Пространственное размещение зон интенсивности использования и воспроизводства лесов в границах Дальневосточного федерального округа

© Н.Н. Панкратова

ФБУ «ДальНИИЛХ», ул. Волочаевская, 71, Хабаровск, 680020, Россия

В статье рассматриваются вопросы количественной оценки интенсивности использования и воспроизводства лесов. Разработана методика определения уровня интенсивности на основе системы научно-обоснованных критериев и индикаторов. Приведены результаты оценки лесной интенсификации в регионах российского Дальнего Востока. Показаны различия в уровне интенсивности по преобладающим видам использования лесов и лесорастительным условиям. Приведена схема пространственного размещения лесничеств с различной степенью лесной интенсификации в пределах Дальневосточного федерального округа.

The article discusses the issues of quantitative assessment of the intensity of forest use and reproduction. The method of determining the intensity level based on a system of scientifically based criteria and indicators is described. The results of the assessment of forest intensification in the regions of the Russian Far East are presented. The differences in the intensity level according to the prevailing types of forest use and forest growing conditions are shown. The scheme of spatial distribution of forest areas with varying degrees of forest intensification within the boundaries of the Far Eastern Federal District is presented.

В современных основах государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, действующих стратегических и других целеполагающих документах по развитию лесного комплекса Российской Федерации интенсификация лесного хозяйства и лесопользования рассматривается как необходимое условие и задача первостепенной важности [2, 7, 8].

Однако из-за специфики отрасли, связанной с длительностью периода воспроизводства, большими лесными площадями, различиями природно-климатических, социально-экономических и лесорастительных условий, вести лесное хозяйство с одинаковой интенсивностью на всей территории страны невозможно. Кроме того, степень интенсивности лесохозяйственных мероприятий определяется степенью интенсивности лесопользования. Чем интенсивнее используются леса, тем интенсивнее при прочих равных условиях должно вестись лесное хозяйство [11]. Поэтому для решения поставленных задач необходимо определить текущий уровень интенсивности освоения лесов и работ по их воспроизводству в субъектах Российской Федерации.

К настоящему времени известны многочисленные подходы к зонированию территории отдельных регионов и лесных районов страны по интенсивности использования и воспроизводства лесов [1, 3-5, 10, 11]. Для количественной оценки лесной интенсификации в Дальневосточном федеральном округе (ДФО) была разработана

методика, основанная на системе критериев и индикаторов, отражающих определенные стороны данного процесса.

Система критериев характеризует продуктивность лесов и обеспеченность лесными ресурсами, степень вовлечения лесных земель в хозяйственную деятельность и уровень использования древесных ресурсов, транспортную освоенность земель лесного фонда, эффективность лесохозяйственных мероприятий, вклад лесной отрасли в социально-экономическое развитие территорий. Для оценки уровня интенсивности по каждому из них используется от 4 до 6 индикаторов. Среднеарифметический коэффициент от соотношения фактических значений индикаторов с их целевыми параметрами по каждому критерию дает величину комплексного показателя. Чем выше его значение, тем выше ранг интенсивности того или иного объекта оценки.

Оценка производится по каждому лесничеству на территории субъектов Российской Федерации ДФО. Для зонирования территории лесного фонда разработана шкала, предусматривающая пять уровней интенсивности в зависимости от значения комплексного показателя: низкий (менее 0,2), пониженный (от 0,2 до 0,4), средний (от 0,4 до 0,6), повышенный (от 0,6 до 0,8), высокий (выше 0,8).

Низкий уровень обусловлен отсутствием на данном этапе развития возможностей для повышения интенсивности использования и воспроизводства лесов в связи с низкой продуктивностью лесов, незначительным лесосырьевым потенциалом и уровнем его освоения, отсутствием или крайне слабой обеспеченностью лесными дорогами, низкой плотностью населения, удаленностью от мест потребления и переработки лесной продукции.

Пониженный уровень вызван наличием объективных барьеров (ограничений) для роста интенсификации в виде невысокой продуктивности насаждений, часто наличия лесов высокой защитности и экологической значимости, незначительного объема использования лесных ресурсов, транспортной и экономической неосвоенности территории, низкой плотности населения, ограниченности внутреннего рынка лесопотребления и удаленности от крупных перерабатывающих центров.

Умеренный уровень предполагает достаточно высокую лесообеспеченность, средний уровень продуктивности насаждений и хозяйственной освоенности лесов, прежде всего, в целях использования для заготовки древесины, неравномерное размещение лесоресурсного, трудового, производственного потенциалов и транспортной освоенности территории, небольшую плотность населения, невысокий уровень развития деревопереработки.

Повышенный уровень связан с приемлемой продуктивностью, обеспеченностью лесными ресурсами, широким вовлечением лесов в хозяйственную деятельность, более высоким уровнем заготовки древесины в связи с наличием лесоперерабатывающих мощностей, более равномерным размещением трудового и производственного потенциала, лесной инфраструктуры, наличием рынков сбыта лесной продукции.

Высокий уровень подразумевает обеспеченность собственными ресурсами и привозным древесным сырьем, значительную степень хозяйственного освоения лесов и полноты использования древесных ресурсов, развитость производственной и транспортной инфраструктуры, наличие трудового потенциала для развития производств по выпуску лесной продукции с высокой добавленной стоимостью, наличие условий для создания высокопродуктивных лесных насаждений.

Дальневосточный федеральный округ характеризуется крайней неоднородностью природных и климатических условий и связанных с ними разнообразием типов леса, породного состава и лесообразующих пород, производительности и других качественных и количественных характеристик лесов. Для учета этих особенностей на его территории выделено 5 лесорастительных зон и 13 лесных районов с относительно сходными условиями использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов [6, 10]. Природно-климатические, лесорастительные, социально-экономические и иные отличия конкретных

районов на территории ДФО оказывают определяющее влияние на интенсивность лесопользования и лесную специализацию.

Сложности освоения лесных ресурсов в зоне притундровых лесов и редкостойной тайги на территории Чукотского автономного округа, значительной части Республики Саха (Якутия), Магаданской области и Камчатского края связаны с экстремальными природно-климатическими условиями, низкой продуктивностью лесов и товарностью древесины, удаленностью и труднодоступностью территорий, низкой плотностью транспортно-коммуникационной инфраструктуры, незначительным социально-экономическим и производственным потенциалом. Все эти факторы, а также высокий природоохранный статус лесов в данной зоне, обусловленный хрупкостью лесных экосистем, ведут к удорожанию промышленной и лесохозяйственной деятельности. Уровень интенсивности использования и воспроизводства лесов оценивается как низкий.

Леса таежной зоны преобладают в большей части субъектов Российской Федерации в ДФО (Хабаровском крае, Амурской, Магаданской, Сахалинской областях, Еврейской автономной области) или занимают существенную долю площади лесов (Республика Саха (Якутия) – 42 %, Камчатский край – 34 %, Приморский край – 27 %), благодаря чему данные территории относятся к лесообеспеченным. Леса северной таежной подзоны характеризуются невысокой продуктивностью, низкой товарностью и концентрацией древесных запасов, транспортной неосвоенностью и труднодоступностью территории, невысоким производственным и социально-экономическим потенциалом. Уровень использования и воспроизводства лесов в этой подзоне имеет пониженную интенсивность.

Леса средней и южной таежной подзоны отличаются приемлемой производительностью, наличием естественных лесных массивов (на севере Приморского и Хабаровского краев), неоднородными природно-климатическими условиями, неравномерностью размещения лесных ресурсов, инфраструктуры и производительных сил по территории. Имеются деревообрабатывающие производства, но отсутствуют мощности по глубокой переработке древесины. Поэтому на интенсивность лесопользования в перечисленных регионах определяющее влияние оказывает концентрация ресурсов и их экономическая доступность, но в целом ее можно также охарактеризовать как среднюю или умеренную.

В зоне хвойно-широколиственных лесов находится большая часть лесов Приморского края – 69 %, существенная часть лесов Еврейской автономной области – 26,5 %, незначительная часть территории Хабаровского края – 8,3 % и Сахалинской области – 5,4 %. Для лесов данной зоны характерна высокая производительность, широкое биологическое разнообразие, обусловленное благоприятными природно-климатическими условиями. В регионах с преобладанием хвойно-широколиственных лесов отмечается относительно высокая производственная и транспортная освоенность лесного фонда, обеспеченность трудовыми ресурсами, близость к рынкам сбыта стран АТР, что способствует более интенсивному лесопользованию, развитию деревоперерабатывающих производств. Уровень интенсивности в целом оценивается как повышенный и в отдельных случаях высокий.

Леса лесостепной зоны занимают незначительный удельный вес в общей площади лесов и находятся на территории Забайкальского края – 6 %, Приморского края – 3,8 % и Амурской области – 6,2 %. В данной зоне отмечается невысокая лесистость территорий, средняя производительность древостоев, неустойчивость к лесным пожарам, другим природным и антропогенным факторам, слабая способность лесов к естественному восстановлению. Как правило, данные территории хорошо освоены, имеют развитую транспортную инфраструктуру, производственный и социально-экономический потенциал. Однако уровень лесопользования в таких лесах сдерживается деконцентрацией лесных ресурсов, обусловленной рубками прошлых лет, многократными лесными пожарами, и необходимостью осуществления в них эффективного

воспроизводства лесов и лесозащитных мероприятий. Интенсивность использования в данной зоне находится на среднем уровне.

Большая часть лесов Республики Бурятия и Забайкальского края (94 %) относится к Южно-Сибирской горной зоне, для которой характерны высокая лесистость территории, относительно высокая продуктивность, сложные природно-климатические и почвенно-рельефные условия, неравномерно развитая транспортная сеть. Возможности хозяйственного освоения лесов ограничены преимущественно горным рельефом местности, высокой долей защитных и резервных лесов (около 2/3 всей площади в Республике Бурятия), очаговым размещением лесного покрова, неравномерным размещением и развитием производственного и социально-экономического потенциала, влиянием «байкальского фактора» и связанными с ним природоохранными ограничениями. Поэтому интенсивность использования и воспроизводства лесов в данной зоне характеризуется как средняя или умеренная.

В результате ранжирования объектов оценки в соответствии с разработанной шкалой на территории ДФО низкий ранг интенсивности (значение комплексного показателя находится в диапазоне 0–0,2) имеет Чукотский автономный округ. Камчатский край, Республика Саха (Якутия), Магаданская область обладают пониженным уровнем интенсивности (комплексный показатель варьирует в пределах 0,2–0,4). Республика Бурятия, Забайкальский край, Амурская и Сахалинская области, Еврейская автономная область характеризуются средней интенсивностью (комплексный показатель колеблется от 0,4 до 0,6). Хабаровский и Приморский края относятся к зоне повышенной интенсивности (значения комплексного показателя составляют 0,6–0,8). Регионы с высокой интенсивностью (комплексный показатель выше 0,8) на Дальнем Востоке отсутствуют, но отдельные лесничества в их составе имеют высокий уровень интенсификации (рис.).

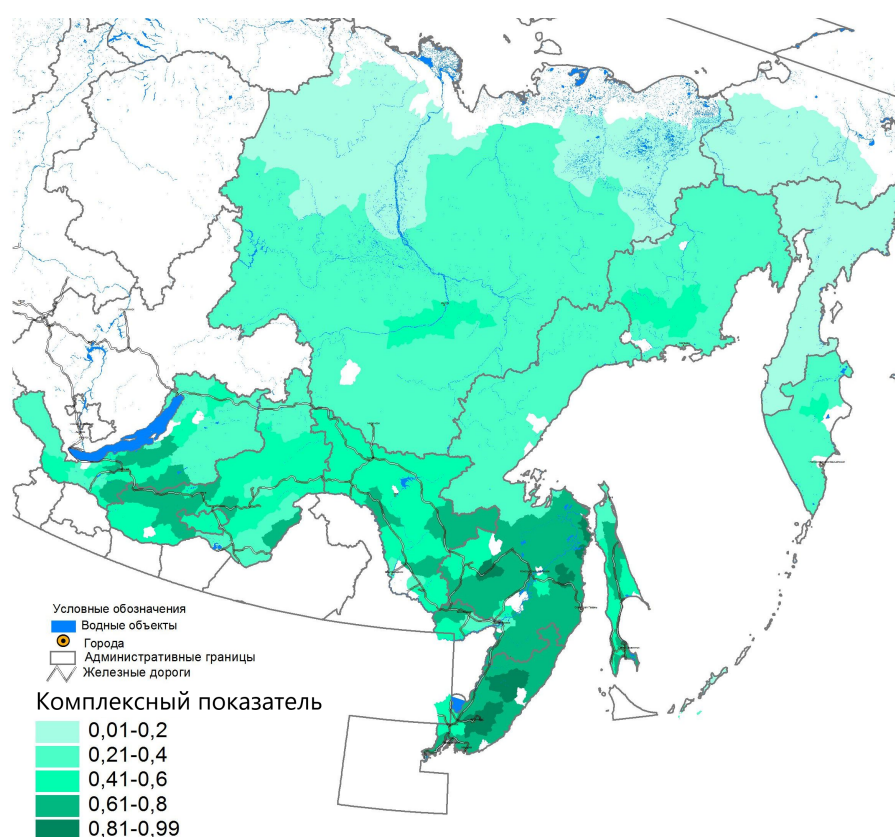


Рис. Уровень интенсивности использования и воспроизводства лесов в субъектах Российской Федерации ДФО

Дальневосточные регионы имеют выраженную лесную специализацию по преобладающему виду использования лесов. На заготовке древесины специализируются субъекты Федерации со средним и повышенным уровнем интенсивности. На видах деятельности, не связанных с заготовкой древесины, – регионы с низким и пониженным уровнем лесной интенсификации (Чукотский автономный округ – геология; Камчатский край и Магаданская область – охота и охотничье хозяйство; Республика Саха (Якутия) – северное оленеводство).

Проведенная оценка интенсивности использования и воспроизводства лесов свидетельствует о существенных различиях в уровне лесопромышленного и лесохозяйственного потенциалов и их использовании на территории округа, обусловленных разнородностью природно-климатических, лесорастительных, экономико-географических, социально-демографических и иных условий. В этой связи, при организации использования лесов и формировании региональных систем лесного хозяйства необходим дифференцированный подход.

Изложенная методика позволяет оценивать уровень интенсивности при осуществлении разных видов деятельности в границах лесничеств, лесорастительных зон и лесных районов, субъектов Российской Федерации. Расчет комплексного показателя по критериям, характеризующим различные стороны лесной интенсификации, дает возможность определить вклад каждого конкретного критерия в итоговую рейтинговую оценку, а также обозначить резервы роста интенсивности оцениваемых объектов.

Полученные результаты могут применяться для оценки интенсивности на территории субъектов Российской Федерации в других федеральных округах, а также выбора моделей лесного хозяйства при размещении и организации лесохозяйственных мероприятий с учетом преобладающих видов экономической деятельности, лесорастительных, ресурсных, производственных и иных различий.

E-mail автора для переписки: npmpvp@mail.ru

Литература

1. Сидоренков, В.М. Зонирование таежной зоны европейской части России по режимам ведения лесного хозяйства в зависимости от доступности лесов / В.М. Сидоренков, А.А. Мартынюк, Е.М. Сидоренкова [и др.] // Лесохозяйственная информация. – 2022. – № 3. – С. 58-72.
2. Концепция интенсивного использования и воспроизводства лесов. – СПб. : ФБУ «СПбНИИЛХ», 2015. – 16 с.
3. Модели и методы эколого-экономической оценки продуктивности лесных территорий с учетом уровня развития транспортной сети : монография / И.М. Еналеева-Бандура, Р.Н. Ковалев, А.Н. Баранов, Н.Н. Шишоркин; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный университет науки и технологий имени М.Ф. Решетнева. – Красноярск : СибГУ им. М. Ф. Решетнева, 2022. – 162 с. – ISBN 978-5-86433-905-3.
4. Полянский, Е.В. Шкала интенсивности лесного хозяйства европейского Северо-Запада РСФСР / Е.В. Полянский, М. Скачко // Лесное хозяйство. – 1971. – № 12. – С. 6 – 11.
5. Об утверждении Лесоустроительной инструкции : Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации (Минприроды России) от 05 августа 2022 г. N 510, Москва : зарегистрирован в Минюсте РФ 30 сентября 2022 г., регистрационный N 70328 // Официальный интернет-портал правовой информации www.pravo.gov.ru, 30.09.2022, N 0001202209300058. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/351878696> (дата обращения: 18.09.2023).
6. Об утверждении перечня лесорастительных зон Российской Федерации и перечня лесных районов Российской Федерации : Приказ Минприроды России от 18 августа 2014 г. N 367, Москва : зарегистрирован в Минюсте РФ 29 сентября 2014 г., регистрационный N 34186 // Российская газета, N 18/1, 30.01.2015, (специальный выпуск); Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, N 6, 09.02.2015. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/420224339> (дата обращения: 11.09.2023).

7. Об утверждении Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года : Распоряжение Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2021 г. N 312-р // Собрание законодательства Российской Федерации, N 8 (ч. II), 22.02.2021, ст.1398; Официальный интернет-портал правовой информации www.pravo.gov.ru, 17.02.2021, N 0001202102170022. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573658653> (дата обращения: 18.09.2023).

8. Об основах государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в Российской Федерации на период до 2030 года : Распоряжение Правительства Российской Федерации от 26 сентября 2013 г. N 1724-р // Собрание законодательства Российской Федерации, N 40 (ч. III), 07.10.2013, ст.5096; Официальный интернет-портал правовой информации www.pravo.gov.ru, 01.10.2013. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/499047151> (дата обращения 25.08.2023).

9. Резанов, В.К. Адаптивное управление трансформацией и развитием лесопользования / В.К. Резанов. – Владивосток : Изд-во «Дальнаука», 2001. – 351 с. – ISBN 5-8044-0096-7.

10. Кашпор, Н.Н. Схема лесного районирования Российской Федерации / Н.Н. Кашпор, А.А. Мартынюк, В.И. Желдак [и др.] // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2011. – № 3. – С. 17-24.

11. Цымек, А.А. Интенсификация лесного хозяйства в СССР и за рубежом / А.А. Цымек. – М., 1975. – 44 с.

12. Шейнгауз, А.С. Пространственно-временные изменения интенсивности промышленного освоения ресурсов древесины в лесах Дальнего Востока России с середины XIX века до наших дней / А.С. Шейнгауз // Избранные труды ; Рос. акад. наук, Дальневост. отд-ние, Ин-т эконом. исследований. – Хабаровск : ДВО РАН, 2008. – С. 352-370. – ISBN 978-5-7442-1455-5.

DOI 10.21178/160524.249

УДК 630*232.19

Использование селекционно-генетического подхода при выращивании культур высокой депонирующей способности

© А.М. Пастухова*, Н.П. Братилова

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академик М.Ф. Решетнева, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», д. 31, г. Красноярск, 660037, Российская Федерация

Проанализирована возможность применения селекционного генетического подхода для целей выращивания плантационных культур высокой депонирующей способности на примере сосны кедровой сибирской. Отмечено, что проведение как популяционного, так и индивидуального отбора, может стать основой для интенсивного лесовыращивания целевых культур. Показана необходимость калибровки посадочного материала, как основы получения посадочного материала с необходимыми генетическими свойствами. Предложено первоочередное создание плантационных культур с высокой депонирующей способностью вокруг промышленных центров и районов с высокой рекреационной нагрузкой.

The possibility of using a breeding genetic approach for the purposes of growing plantation crops of high depositing capacity is analyzed on the example of Siberian cedar pine. It is noted that both population and individual selection can become the basis for intensive reforestation of target crops. The necessity of calibration of planting material is shown as the basis for obtaining planting material with the necessary genetic properties. The priority creation of plantation crops with high depositing capacity around industrial centers and areas with high recreational load is proposed.

Современная лесоклиматическая повестка и направленность на снижение углеродного следа, наращивание объема углеродных единиц от лесного хозяйства требуют по особому взглянуть на искусственное лесовосстановление, и прежде всего на интенсивное лесовыращивание. На наш взгляд актуально рассматривать лесовыращивание именно в лесоклиматической повестке, как возможность создания плантационных культур с высокой депонирующей способностью на пригодных для этого участках.

Для интенсивного лесовыращивания необходимо решить несколько задач:

- 1) выбор участка, оптимального для целей лесовыращивания;
- 2) подбор видового состава и посадочного материала, обладающего необходимыми генетическими свойствами;
- 3) соблюдение технологии лесовыращивания, включая своевременные уходы за культурами и др.

Лесовыращивание прежде всего нуждается в генетически улучшенном и сортовом посадочном материале. На примере многолетних исследований за двумя поколениями кедровых сосен отмечается, что на первоначальном этапе отбора необходимо выделить перспективные по целевому признаку климатипы, морфологические формы. Выявлено, что ускоренным формированием фитомассы в условиях лесостепи юга Средней Сибири характеризуются потомства сосны кедровой сибирской местного (бирюсинского),

иркутского и алтайского климатипов, а также сосны кедровой корейской приморского происхождения. Большим накоплением надземной фитомассы отличаются следующие формы сосны кедровой сибирской: имеющие наибольшее число семян (14 шт.) серповидной формы, длинную первичную хвою, относящиеся к поздней фенологической форме в однолетнем возрасте, формирующие в трехлетнем возрасте 3-4 крупные верхушечные почки, превышающие по высоте (при густых посадках) или диаметру средние показатели [1, 2, 3, 4, 5]. Лучшими по биометрическим показателям были саженцы сосны кедровой сибирской, выращенные из отобранного по диаметру семян [4]. Средний по показателям роста посадочный материал может быть эффективно использован для массового лесовосстановления.

Ряд авторов отмечают взаимосвязь показателей роста, формированием фитомассы кроны и стволовой древесины с показателями семеношения [6, 7, 8]. Так, Т.П. Некрасова отмечала, что при развитии однолетних шишек сосны кедровой сибирской ее латеральные побеги снижают интенсивность прироста до 20 % [7].

По результатам проведенных исследований раннее семеношение и высокая урожайность отмечена у растений ярцевского (с севера Красноярского края) и тисульского (Кемеровская область) климатипов сосны кедровой сибирской (табл. 1).

Таблица 1

Средний урожай шишек 37-44-летних деревьев сосны кедровой сибирской

Происхождение		Доля семеносящих растений, %	Среднее число шишек на дереве, шт.	Масса шишки, г	Урожай шишек, кг/га
Обозначение климатипа	Регион				
Атушкеньское	Алтай	56,0	12,6	35,7	105,8
Лениногорское	Казахстан	33,7	11,9	39,9	64,0
Тисульское	Кемеровская обл.	62,9	14,7	37,6	139,1
Ярцевское	Красноярский край	50,6	12,8	44,2	114,5
Бирюсинское	Красноярский край	67,0	14,1	38,8	146,6

В дальнейшем при выращивании посадочного материала можно выделить отдельные экземпляры, подходящие для выращивания культур с интенсивным ростом, накоплением фитомассы и другими свойствами.

Нами установлено, что деревья сосны кедровой сибирской, характеризующиеся ранним репродуктивным развитием, формируют также большее количество надземной фитомассы. В 39-летнем биологическом возрасте на надземную фитомассу у деревьев позднего репродуктивного развития, формировавших небольшое количество женских генеративных органов (до 3,5 шт./дерево), приходится в среднем $21,0 \pm 1,17$ кг. У экземпляров с устойчивым формированием макростробилов – $28,7 \pm 0,70$ кг. Деревья, отличающиеся в первом классе возраста лучшей урожайностью, формируют большую массу стволовой древесины – 9,4 кг против 5,8 кг в абсолютно сухом состоянии (табл. 2).

Проведенные наблюдения показали, что в раннем возрасте могут быть отобраны семьи, сохраняющие интенсивность роста при последующем выращивании [9] (рис. 1, табл. 3).

Таблица 2

Надземная фитомасса 39-летних деревьев сосны кедровой сибирской, кг
(в абсолютно сухом состоянии)

Среднее число макростробилов, шт.	$X_{\text{ср.}}$	$\pm m$	$P, \%$	$V, \%$	$t_{\text{факт.}}$ (при $t_{05}=1,96$)
Масса кроны					
До 3,5	15,2	0,77	5,1	47,4	-
3,6-13,5	19,7	0,68	3,5	43,7	4,38
13,6-23,5	19,9	1,00	5,0	43,7	3,72
Более 23,5	18,7	1,13	6,0	33,2	2,56
Масса ствола					
До 3,5	5,8	0,40	6,8	64,2	-
3,6-13,5	9,0	0,43	4,8	61,0	5,45
13,6-23,5	9,4	0,63	6,7	58,2	4,82
Более 23,5	9,4	0,68	7,2	39,5	4,56

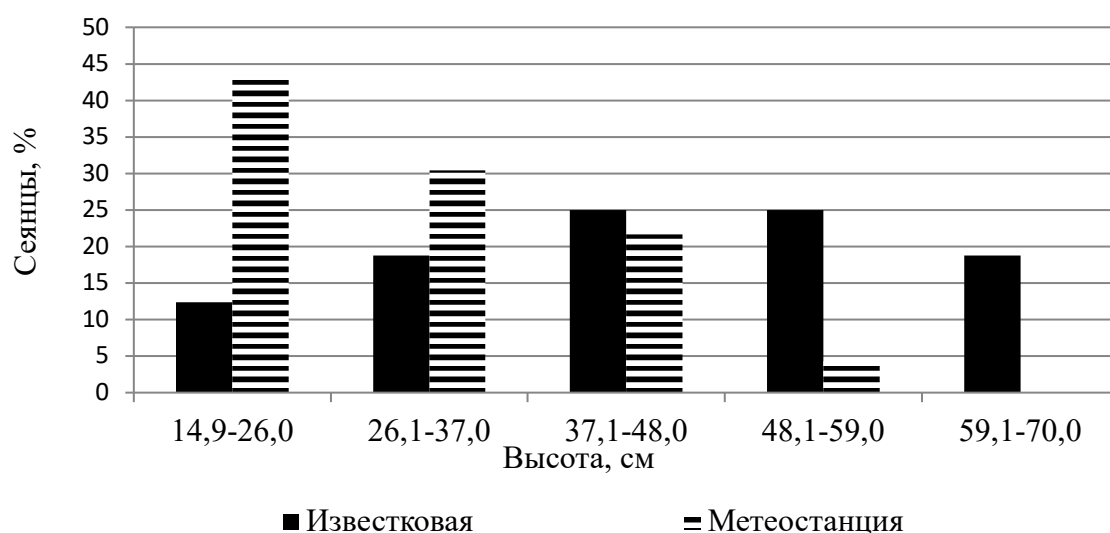


Рис. 1. Распределение 11-летнего семенного потомства по скорости роста

В 13-летнем возрасте высота растений 2-летнего возраста тесно связана с 6-летними ($r=0,722$), после пересадки проявление корреляции отмечено между 9 и 11-13-летними экземплярами. Умеренная теснота связи наблюдается также между 6-летними и 11-12-летними (табл. 3).

Таблица 3

Возрастная корреляция высоты семей кедрового

Возраст, лет	1	2	6	7	9	11	12	13
1	1							
2	0,660	1						
6	0,498	0,722	1					
7	0,396	0,487	0,852	1				
9	0,167	0,185	0,647	0,608	1			
11	0,060	0,057	0,467	0,548	0,667	1		
12	0,064	0,037	0,330	0,281	0,667	0,889	1	
13	-0,181	-0,352	0,002	0,227	0,715	0,867	0,869	1

Отмечено, что доля влияния генотипа на высоту растения с возрастом ослабевает. Так, в 3-летнем возрасте коэффициент наследуемости составил 30,0-35,1 %, тогда как в 12-летнем он равен 16,9-20,4 % [10, 11]. Отселектированные семьи деревьев сосны кедровой сибирской могут стать основой для выращивания генетически улучшенного посадочного материала и сортового (табл. 4).

Таблица 4

Показатели роста семей сосны кедровой сибирской 11-летнего возраста

Номер семьи	Высота, см	Диаметр стволика, см	Средний прирост, см	Возраст мутовки, лет	ОКС по высоте, см
Плантация «Известковая»					
Ку-20	26,4	0,5	2,4	1,0	-18,9
Ку-48	69,3	1,1	6,3	2,0	24,0
Ку-75	40,9	0,9	3,7	3,0	-4,4
Би-26	45,5	1,1	4,1	3,0	0,2
Би-59	58,0	1,4	5,2	5,0	12,7
Би-60	45,0	1,0	4,1	3,0	-0,3
Шу-35	66,2	1,7	6,0	5,0	20,9
Плантация «Метеостанция»					
6-56	30,9	0,7	2,8	1,2	1,6
6-58	35,8	0,8	3,3	1,0	6,5
6-77	16,0	0,5	1,5	1,0	-13,3
6-88	33,0	0,6	2,9	3,5	3,7
8-80	23,6	0,4	2,1	3,0	-5,7
8-90	37,3	1,3	3,4	5,0	8,0

Внедрение калибровки посадочного материала позволит повысить эффективность лесокультурного дела и качество выращиваемых насаждений. Отселектированные быстрорастущие экземпляры рационально использовать для выращивания целевых культур и сортового посадочного материала.

Создавать плантационные культуры с высокой депонирующей способностью следует, прежде всего, с целью формирования зеленого пояса вокруг промышленных центров, районов с высокой рекреационной нагрузкой. В составе таких насаждений наиболее рационально, с нашей точки зрения, использовать более долговечные породы, параллельно выращивая и карбоновые фермы с более коротким оборотом депонирования.

Благодарности: исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки России на выполнение коллективом научной лаборатории «Селекция древесных растений» проекта «Селекционно-генетические основы формирования целевых насаждений и рационального использования древесных ресурсов Красноярского края (Енисейской Сибири)»(№ FEFE-20241-0013)

E-mail автора для переписки: albinp@yandex.ru

Литература

1. Братилов, Н.П. Изменчивость кедра сибирского в плантационных культурах юга Средней Сибири в зависимости от формового разнообразия всходов и семян / Н.П. Братилова. – Красноярск : СибГТУ, 2005. – 116 с.
2. Братилова, Н.П. Изменчивость и отбор 42-45-летних деревьев сосны кедровой сибирской разного географического происхождения (зеленая зона г. Красноярска). / Н.П. Братилова, Р.Н. Матвеева, С.А. Орешенко, А.М. Пастухова. – Красноярск : СибГТУ, 2013. – 133 с.

3. Братилова, Н.П. Особенности роста и формирования фитомассы крон сосны кедровой сибирской в зависимости от интенсивности урожая в начальный период онтогенеза / Н.П. Братилова, А.М. Пастухова // Хвойные бореальной зоны. – 2004. – Т. XXII, № 1-2. – С. 77-81.
4. Матвеева, Р.Н. Исследования по выращиванию сосны кедровой сибирской за многолетний период / Р.Н. Матвеева, О.Ф. Буторова // Хвойные бореальной зоны. – 2022. – Т. XL, № 5. – С. 374-380.
5. Усольцев, В.А. Структура фитомассы кедровых сосен в плантационных культурах / В.А. Усольцев, Н.П. Щерба. – Красноярск : СибГТУ, 1998. – 134 с.
6. Воробьев, В.Н. Рост и пол кедрового сибирского / В.Н. Воробьев, Н.А. Воробьев, С.Н. Горошкевич. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд., 1989. – 167 с.
7. Некрасова, Т.П. Биологические основы семеношения кедрового сибирского / Т.П. Некрасова. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд., 1972. – 278 с.
8. Храмова, Н.Ф. Семенная продуктивность и фитомасса кедрового сибирского / Н.Ф. Храмова, А.А. Храмов // Биология семенного размножения хвойных Западной Сибири. – Новосибирск : Наука, 1974. – С. 95-105.
9. Пастухова, А.М. Перспективность отбора полусибов кедрового сибирского по интенсивности роста в раннем развитии / А.М. Пастухова // ИВУЗ. Лесной журнал. – 2017. – № 5 (359). – С. 73-81.
10. Пастухова, А.М. Хронографическая изменчивость роста и развития полусибов кедрового сибирского репродукции 2003 г. / А.М. Пастухова, С.А. Васильева // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений : Материалы XX Международной научно-практической конференции, 26–27 апреля 2018 г., Красноярск, СибГТУ / СибГТУ. – Красноярск : СибГТУ, 2018. – С. 179-182.
11. Пастухова, А.М. Хронографическая изменчивость полусибового потомства кедрового сибирского в условиях лесопаркового зеленого пояса г. Красноярска / А.М. Пастухова // Охрана и рациональное использование лесных ресурсов : материалы X международного форума, 05–06 июня 2019 г., Хэйхэ, Дальневосточный государственный аграрный университет; Управление лесного и степного хозяйства округа, провинции Хэйлуцзян (КНР); Министерство лесного хозяйства и пожарной безопасности Амурской области // ДалГАУ. – Благовещенск : ДалГАУ, 2019. – С. 136-139.

DOI 10.21178/160524.254

УДК 632.93+579.264

Улучшение качества лесопосадочного материала в лесопитомнике с помощью предпосевной обработки семян сосны обыкновенной биопрепаратом

© Г.Г. Полякова^{1*}, В.А. Сенашова¹, Н.В. Пашенова¹, Г.И. Антонов¹, О.Э. Пашкеева¹,
А.Ю. Баглаев², И.Д. Гродницкая¹

¹ Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН
Академгородок, 50/28, Красноярск, 660036, Россия

² Казачинское лесничество министерства лесного хозяйства Красноярского края
ул. Лыкова, 42, с. Казачинское, Казачинский р-н, Красноярский край, 663100, Россия

В 2019-2021 гг. производственные эксперименты, были проведены в двух лесопитомниках Красноярского края, Результаты доказали стимулирующее влияние предпосевной обработки семян биопрепаратами на основе грибов рода *Trichoderma* на рост сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.): увеличение размеров одно-двух-летних сеянцев, улучшение их морфометрических характеристик. Обработка семян фунгицидом «Бункер» сама по себе способствует сохранности сосны, но в сочетании с биопрепаратами на ранней стадии онтогенеза ингибирует положительный эффект биопрепаратов на рост корня и надземной части.

In 2019-2021, large-scale experiments were carried out in two forest nurseries in the Krasnoyarsk Territory. The results proved the stimulating effect of pre-sowing seed treatment with biological preparations based on fungi of the genus *Trichoderma* on the growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings: an increase in the size of one- to two-year-old seedlings, an improvement in their morphometric characteristics. Treatment of seeds with the fungicide "Bunker" in itself promotes the preservation of pine, but in combination with biological preparations at an early stage of ontogenesis, it inhibits the positive effect of biological preparations on the growth of the roots and shoots.

Выращивание качественного лесопосадочного материала – одна из важных задач для эффективного ведения лесного хозяйства. Для снижения инфекционных заболеваний сеянцев в лесопитомниках, как правило, используют химические способы их защиты, однако, это приводит к накоплению резистентных форм патогенных микроорганизмов в почве [1–3]. В связи с этим актуальна разработка экологических технологий, использование биоагентов (биопрепаратов) [2, 3]. Перспективны микромицеты рода *Trichoderma*, поскольку они способны подавлять фитопатогены и снижать заболеваемость сеянцев без причинения вреда почвенной микробиоте [5]. До сих пор нормативно-правовая база регламентирует использование фунгицидов для предпосевной обработки семян в ущерб биопрепаратам.

Цель работы – сравнить влияние предпосевной обработки семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) фунгицидом «Бункер» и биопрепаратами на основе грибов рода *Trichoderma* на сохранность, размер сеянцев в лесопитомниках. В настоящей работе представлено продолжение наших исследований 2019–2020 гг. [6],

проанализирована временная динамика характеристик семян сосны с учетом добавленных наблюдений 2021 г.

Материалы и методы

Посевы семян сосны обыкновенной проводили в лесных питомниках у с. Мокрушинское и д. Водорезово в Казачинском районе Красноярского края [6]. Питомники не различаются по лесорастительным условиям (подзона средней тайги Западно-Сибирской равнинной лесорастительной области [7]).

Посев в лесопитомнике у с. Мокрушинское проводили в 2019 г. (рис. 1). Посев в питомнике у д. Водорезово – в 2020 г. Для посадки семян использовали 5-строчную сеялку. Ширина 5 строчной грядки 120 см, между строками 19 см. В 2019 г. семена перед снегованием предварительно обработали фунгицидом – препаратом «Бункер» (действующее вещество – тебуконазол). В 2020 г. обработка фунгицидами не применялась, после снегования все семена замачивали в 0.05 %-м растворе $KMnO_4$ на 2.5 ч и высушивали.



Рис. 1. Посев семян сосны обыкновенной 30 мая 2019 г. в лесопитомнике у с. Мокрушинское Казачинского р-на Красноярского края; 5-строчные гряды с посевами хвойных пород в лесопитомнике у с. Мокрушинское [6].

В обоих питомниках использовали два варианта семян: контрольный (контроль (К)) и опытный (опыт (О)). Половину семян (опыт) помещали на 3 ч в водные суспензии биопрепаратов, вторую половину (контроль) замачивали в водопроводной воде на то же время. Были отобраны наиболее эффективные варианты биопрепаратов – смесь грибов *T. harzianum* и *T. lignorum* (посев 2019 г.) и *T. harzianum* (посев 2020 г.). Биопрепараты для предпосевной обработки семян сосны готовили в виде водных суспензий (титр 10^8 – 10^9 спор $мл^{-1}$). После обработки семена подсушивали в токе теплого воздуха до сыпучего состояния. Организация работ исключала возможность заражения спорами триходермы семян из контрольной партии.

Посев семян 30.05.2019 в лесном питомнике у с. Мокрушинское проводили с предварительной обработкой фунгицидом «Бункер» и биопрепаратами *T. harzianum* и *T. lignorum*.

Посев семян 25.05.2020 в лесном питомнике у дер. Водорезово осуществляли с предварительной обработкой $KMnO_4$ и биопрепаратом *T. harzianum*.

Учет густоты (сохранности) и размеров сеянцев проводили ежегодно в середине лета и осенью. На грядке закладывали не менее 50 пробных площадок таким образом, чтобы равномерно охватить всю площадь посева в контрольном и опытном вариантах (рис. 2). Одна пробная площадка представляла собой строку длиной 10 см. Поскольку на грядке

высевают 5 строчек, чтобы рассчитать количество всходов на 1 погонном метре грядки, необходимо количество сеянцев на пробной площадке умножить на коэффициент 50. В конце сезона вегетации проводили морфометрический анализ сеянцев. Для этого их отбирали с комом земли, чтобы не повредить корневую систему. В лабораторных условиях сеянцы освобождали от земли. Измеряли всю длину сеянца (от основания верхушечной почки до кончика корня). Также измеряли длину надземной части, корня, годичный прирост осевого побега.



Рис. 2. Двухлетние сеянцы сосны обыкновенной в лесном питомнике у с. Мокрушинское (посев 2019 г. с использованием фунгицида) в Казачинском районе Красноярского края 11 июня 2021 г.; слева – контроль (вариант опыта без обработки семян сосны биопрепаратом, справа – опытный вариант с применением препарата

Результаты и обсуждение

Опыт в питомнике у с. Мокрушинское (посев 2019 г.)

Как отмечено выше, при посеве семян в питомнике у с. Мокрушинское, проведенном в 2019 г., все семена в контрольном и опытном вариантах были предварительно обработаны фунгицидом "Бункер". При этом уже в течение сезона вегетации 2019 г. наметилась тенденция к большему отпаду сеянцев в опытном варианте, при котором семена были дополнительно обработаны биопрепаратом, по сравнению с контролем без биопрепарата (рис. 3, см. в легенде "Посев 2019 г., К" и "Посев 2019 г., О"). В дальнейшем отпад опытных сеянцев усилился, и в 2021 г. густота двухлетних сеянцев в опытном варианте была существенно меньше контрольных ($p < 0,05$ по t -критерию) (рис. 3).

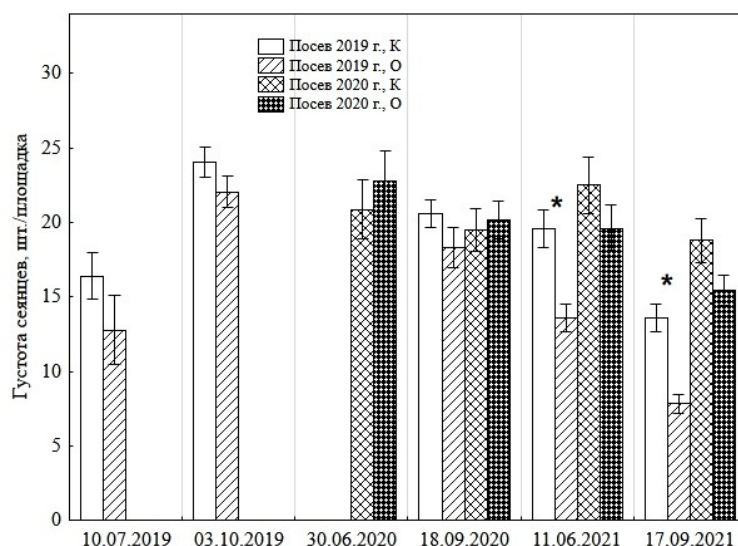


Рис. 3. Сохранность (густота) семян сосны обыкновенной в лесных питомниках у с. Мокрушинское (посев 2019 г. с использованием фунгицида) и д. Водорезово (посев 2020 г. без фунгицида) в Казачинском районе Красноярского края в период 2019-2021 гг. Вариант опыта без обработки семян сосны биопрепаратом – контроль (К), с обработкой семян – опыт (О). * – достоверное различие между К и О ($p < 0,05$ по t -критерию). Указаны средние значения и их ошибки

Обработка семян биопрепаратом ингибировала рост семян сосны в первый сезон вегетации 2019 г. (рис. 4, см. данные от 03.10.2019). В отличие от этого, во второй сезон вегетации в 2020 г. отмечена существенная активация роста опытных семян по сравнению с контрольными: длина семян и корня в опытном варианте достоверно больше, чем в контроле ($p < 0,05$ по t -критерию). (рис. 4, 5, см. в легенде "Посев 2019 г., К" и "Посев 2019 г., О"). У 2-летних опытных семян текущий прирост осевого побега существенно выше, чем в контроле ($p < 0,05$ по t -критерию) (рис. 6). Таким образом, обработка семян биопрепаратами позволила получить более крупные семена – более качественный посадочный материал.

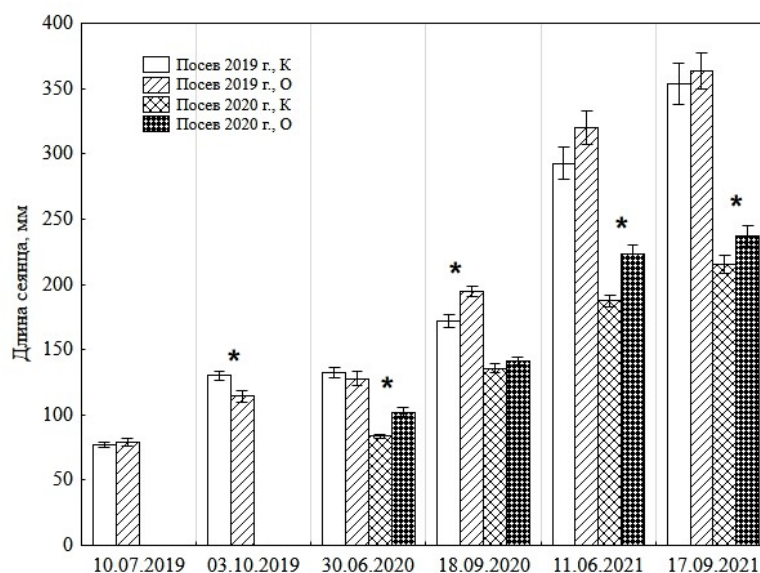


Рис. 4. Длина семян сосны обыкновенной (от основания верхушечной почки до кончика корня) в лесных питомниках у с. Мокрушинское (посев 2019 г. с использованием фунгицида) и д. Водорезово (посев 2020 г. без фунгицида) в Казачинском районе Красноярского края в период 2019-2021 гг. Вариант опыта без обработки семян сосны биопрепаратом – контроль (К), с обработкой семян – опыт (О). * – достоверное различие между К и О ($p < 0,05$ по t -критерию). Указаны средние значения и их ошибки

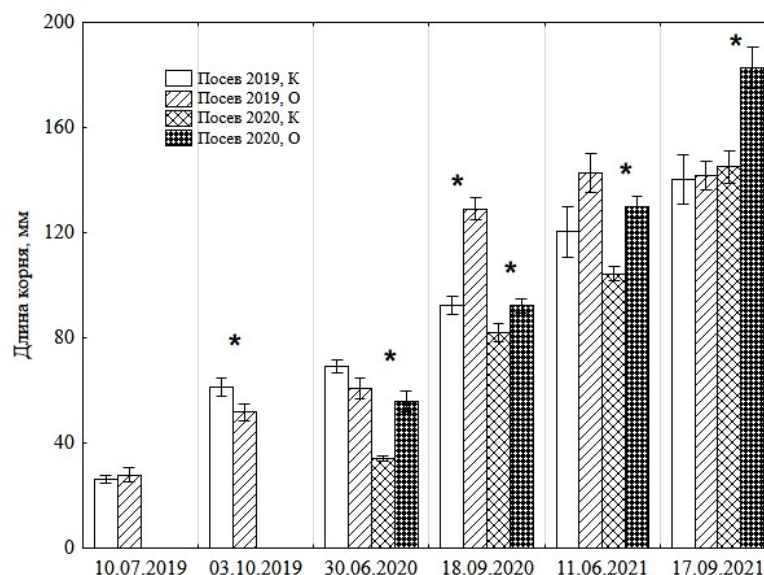


Рис. 5. Длина главного корня сеянцев сосны обыкновенной в лесных питомниках у с. Мокрушинское (посев 2019 г. с использованием фунгицида) и д. Водорезово (посев 2020 г. без фунгицида) в Казачинском районе Красноярского края в период 2019-2021 гг. Вариант опыта без обработки семян сосны биопрепаратом – контроль (К), с обработкой семян – опыт (О). * – достоверное различие между К и О ($p < 0,05$ по t -критерию). Указаны средние значения и их ошибки

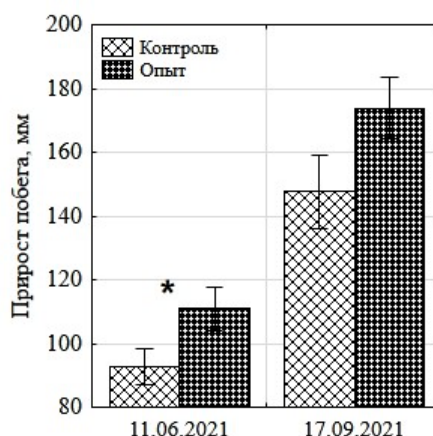


Рис. 6. Прирост осевого побега текущего года (2021 г.) у 2-летних сеянцев сосны обыкновенной в лесном питомнике у с. Мокрушинское. В контроле семена без обработки биопрепаратом, в опыте семена обработаны биопрепаратом. * – достоверное различие по t -критерию ($p < 0,05$) между контролем и опытом. * – достоверное различие между К и О ($p < 0,05$ по t -критерию). Указаны средние значения и их ошибки

Опыт в питомнике у д. Водорезово (посев 2020 г.)

В отличие от питомника у с. Мокрушино, в питомнике у д. Водорезово отказались от обработки семян фунгицидом "Бункер". При этом в первый год вегетации (в 2020 г.) в опытном варианте отмечена тенденция к большей сохранности сеянцев сосны, по сравнению с контролем (рис. 3, см. в легенде "Посев 2020 г., К" и "Посев 2020 г., О"). В следующем 2021 г. тенденция сменилась на противоположную, но различия в густоте остались по-прежнему статистически не значимы (рис. 3).

Что касается величины сеянцев, опытные растения выгодно отличались большими размерами. Так, общая длина сеянца, как и длина главного корня в опытном варианте достоверно больше, чем в контроле ($p < 0,05$ по t -критерию) (рис. 4, 5, см. в легенде "Посев 2020 г., К" и "Посев 2020 г., О").

Рост корней имеет решающее значение для укоренения пересаженных растений [8]. Обширная корневая система гарантирует высокий потенциал выживания и ростовых

процессов [9]. Саженьцы могут подвергнуться стрессу сразу после посадки, если рост корней недостаточен для соединения сеянца с доступной почвенной водой. Способность вновь посаженного саженца преодолевать посадочный стресс зависит от размера и распределения его корневой системы, контакта корней с почвой. Корни деревьев хорошо приспособлены, чтобы противостоять засушливым ситуациям и сохранять морфологические и физиологические функции отдельных деревьев и лесных экосистем как можно дольше [10].

В целом следует отметить, что усиление отпада сеянцев сосны обыкновенной, обусловленное обработкой семян биопрепаратом, компенсируется улучшением качества посадочного материала. Увеличивается размер всего сеянца, корня и текущего прироста осевого побега 2-летних сеянцев. Применение фунгицида "Бункер" увеличивает отпад при обработке семян биопрепаратом и ослабляет стимулирующее действие биопрепаратов на ростовую активность сеянцев.

*E-mail для переписки: ggpolyakova@mail.ru

Литература

1. Соколов, М.С. Состояние, проблемы перспективы применения экологически безопасных пестицидов в растениеводстве / М.С. Соколов // *Агрохимия*. – 1990. – № 10. – С. 124–145.
2. Jain, R.K. Microbial diversity: Application of microorganisms for the biodegradation of xenobiotics / R.K. Jain, M. Kapur, S. Labana, B. Lal, P.M. Sarma, D. Bhattacharya, I.S. Thakur // *Current Sci.* – 2005. – V. 89. – N. 1. – P. 101–112.
3. Reglinski, T. Biocontrol of forest nursery pathogens / T. Reglinski, M. Dick // *New Zealand J. For.* – 2005. – V. 50. – N. 3. – P. 19–26.
4. Гродницкая, И.Д. Использование микромицетов *Trichoderma* в биоремедиации почв лесопитомников / И.Д. Гродницкая, Н.Д. Сорокин // *Изв. РАН. Сер. биол.* – 2006. – № 4. – С. 491–495.
5. Голованова, Т.И. Свет и микроорганизмы антагонисты в регуляции ростовых процессов растений: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Голованова Тамара Ивановна. – Красноярск, 2009. – 37 с.
6. Гродницкая, И.Д. Влияние обработки семян сосны обыкновенной биопрепаратами на повышение качества посадочного материала в лесных питомниках Красноярского края / И.Д. Гродницкая, Г.Г. Полякова, В.А. Сенашова, О.Э. Пашкеева, Н.В. Пашенова, Г.И. Антонов, А.Ю. Баглаев. – DOI 10.15372/SJFS20210301 // *Сибирский лесной журнал*. – 2021. – № 3. – С. 3–16.
7. Коротков, И.А. Лесорастительное районирование России и республик бывшего СССР / И.А. Коротков // *Углерод в экосистемах лесов и болот России* / Отв. ред. В.А. Алексеев, Р.А. Бердси. Красноярск : ЭКОС, 1994. – С. 29–47.
8. Grossnickle, S.C. Importance of root growth in overcoming planting stress / S.C. Grossnickle. – DOI 10.1007/s11056-004-8303-2 // *New Forest*. – 2005. – V. 30. – N. 2–3. – P. 273–294.
9. Grossnickle, S.C. Why seedlings survive: influence of plant attributes / S.C. Grossnickle. – DOI 10.1007/s11056-012-9336-6 // *New Forest*. – 2012. – N. 43. – P. 711–738.
10. Brunner, I. How tree roots respond to drought / I. Brunner, C. Herzog, M.A. Dawes, M. Arend, C. Sperisen. – DOI 10.3389/fpls.2015.00547 // *Frontiers in Plant Science*. – 2015. – N. 6. – P. 547.

DOI 10.21178/160524.260

УДК 630: 632*51: 632*954

Оценка биологической эффективности действия низких доз гербицидов и их смесей при проведении инъекций в стволы деревьев ольхи серой

© А.М. Постников*, А.Б. Егоров, А.А. Бубнов, Л.Н. Павлюченкова

*ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства»,
Институтский пр., 21, Санкт-Петербург, 194021, Россия*

Объектами исследований являлись отдельные деревья ольхи серой вегетативного происхождения в фазе жердняка в смешанных насаждениях. В ходе выполнения работ проведено экспериментальное изучение отобранных гербицидов. Установлена высокая эффективность подавления ольхи серой гербицидом арбонал в дозах 0,16 и 0,08 мл/дерево, а также смесями торнадо, 0,20 мл/дерево + арбонал, 0,08 мл/дерево; торнадо, 0,25 мл/дерево + арбонал, 0,06 мл/дерево; торнадо, 0,12 мл/дерево + арбонал 0,08 мл/дерево; торнадо, 0,12 мл/дерево + арбонал 0,06 мл/дерево. Через год после однократного проведения инъекций происходит полное отмирание обработанных деревьев.

The objects of research were individual gray alder trees of vegetative origin in the pole-stage stand in mixed plantations. In the course of the work, an experimental study of selected herbicides was carried out. High efficiency of suppression of gray alder with arbonal herbicide in doses of 0.16 and 0.08 ml/tree, as well as mixtures of tornado, 0.20 ml / tree + arbonal, 0.08 ml/tree; tornado, 0.25 ml/tree + arbonal, 0.06 ml/tree; tornado, 0.12 ml/ tree + arbonal 0.08 ml/tree; tornado, 0.12 ml/tree + arbonal 0.06 ml/tree. A year after a single injection, the treated trees completely die off.

Одной из основных причин низкой эффективности технологий искусственного и естественного лесовосстановления на практике является недостаточное количество и качество проводимых уходов [1, 2]. Значительная часть лесных культур и естественных молодняков хвойных пород угнетена лиственными, в том числе ольхой серой. Применяющиеся различные механические способы лесоводственных уходов (срезание, рубка), не в полной мере соответствуют требованиям, предъявляемым к ним. Основные причины – недостаточная эффективность, короткий период защитного действия, высокая трудоемкость при ручных способах и низкая избирательность при механических. В частности, при удалении древесных пород в кулисах механизированным способом практически невозможно сохранение отдельных экземпляров как хвойных, так и лиственных пород, отобранных по лесоводственным показателям. Хорошей альтернативой механическим уходам является метод устранения нежелательной растительности инъекцией химических веществ в стволы деревьев. Многие авторы отмечают, что способ инъекции гербицидов в стволы деревьев лиственных пород высокоэффективен и экологически безопасен, избирателен и прост в исполнении [3-6]. Однако для повышения экологической безопасности и экономической эффективности метода актуален поиск способов снижения доз гербицидов.

Полевые экспериментальные исследования выполнялись в Гатчинском районе (Гатчинское районное лесничество) Ленинградской области, который входит в Балтийско-

Белозерский таёжный район таёжной зоны. При закладке опытов руководствовались «Методическими указаниями по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве, раздел – Испытания гербицидов на землях несельскохозяйственного назначения» [7]. Применялись гербициды, зарегистрированные для применения в Российской Федерации: торнадо (360 г/л глифосата в виде изопропиламинной соли), арбонал, ВК (250 г/л имазапира) а также их смеси [8]. При учетах эффективности обработки способом инъекции определяли долю этиолированных и отмерших листьев в процентах от их общего количества у деревьев, сохранивших жизнеспособность, а также количество полностью отмерших деревьев в процентах от числа обработанных. Опыты были заложены в смешанном двухъярусном древостое, сформировавшемся на сплошной вырубке 18-летней давности. Ель находилась в сильно угнетенном состоянии под пологом лиственных пород. Тип лесорастительных условий – черничный. Почва дерново-подзолистая легкосуглинистая с содержанием гумуса в горизонте А1 2,9 %. Условия дренированные. Во всех опытах инъекции растворов гербицидов в деревья проводились с использованием пластикового медицинского шприца на 10 мл с иглой диаметром 0,8 мм. Гербициды вводили в предварительно сделанную с помощью стамески насечку шириной 1,5 см и глубиной 1 см под углом 45 градусов. Во всех вариантах наносили по одной насечке на дерево. Диаметр деревьев 8-12 см. В каждую насечку вводили по 1 мл раствора гербицида. До 1 мл объем раствора доводился с помощью смешивания препаратов с водой. Во всех вариантах каждого из опытов было обработано по 25 деревьев. В контрольном варианте обработку гербицидами не проводили. В данной работе приведены результаты, полученные в двух из восьми заложенных опытов. Статистическая обработка полученных экспериментальных данных проводилась при помощи теста Краскела-Уоллиса.

В опыте 1 через 27 дней после проведения обработки самая высокая эффективность отмечена в варианте 1, где гербицид торнадо был применен в самой высокой дозе (таблица 1). Доля отмерших листьев на данном этапе составляла 31,2 %, что значительно превышает показатели, зафиксированные в остальных вариантах опыта. Так, например, при уменьшении дозы торнадо до 0,20 мл/дерево (вариант 2) отмечено практически пятикратное снижение эффективности. Самый низкий процент отмирания листьев ольхи серой зафиксирован в вариантах с применением арбонала (1,5 и 0,3 %), хотя известно, что он обладает выраженным арборицидным эффектом (табл. 1). Полностью отмерших деревьев не отмечено ни в одном из вариантов. Через 62 дня после применения гербицидов доля отмерших листьев ольхи серой значительно увеличилась во всех опытных вариантах. В варианте 1, где применялся гербицид торнадо в дозе 0,55 мл/дерево, этот показатель составлял 68,5 %. Также достаточно высокая эффективность была зафиксирована в вариантах 5 и 6, в которых применялись смеси гербицидов торнадо и арбонал – 38 и 39,6 % соответственно.

Таблица 1

Действие гербицидов на ольху серую в опыте 1 (обработка 16.06.2022)

Вариант опыта	Дата учёта	Отмирание листьев, %	Отмирание деревьев, %
1. Торнадо, 0,55 мл/дерево	13.07.2022	31,2 ± 4,25	0
	17.08.2022	68,5 ± 3,82	12
	12.09.2022	84,3 ± 4,11	48
	08.08.2023	98,5 ± 0,74	88
2. Торнадо, 0,20 мл/дерево	13.07.2022	6,4 ± 2,42	0
	17.08.2022	34,0 ± 5,12	4
	12.09.2022	50,0 ± 6,28	12
	08.08.2023	85,8 ± 5,02	64

3. Арбонал, 0,16 мл/дерево	13.07.2022	1,5 ± 0,43	0
	17.08.2022	35,2 ± 4,85	0
	12.09.2022	59,4 ± 6,33	16
	08.08.2023	100	100
4. Арбонал, 0,08 мл/дерево	13.07.2022	0,3 ± 0,23	0
	17.08.2022	23,1 ± 5,50	0
	12.09.2022	38,1 ± 5,10	0
	08.08.2023	100	100
5. Торнадо, 0,20 мл/дерево + + арбонал, 0,08 мл/дерево	13.07.2022	6,2 ± 0,74	0
	17.08.2022	38,0 ± 5,29	0
	12.09.2022	74,6 ± 4,94	20
	08.08.2023	100	100
6. Торнадо, 0,25 мл/дерево + + арбонал, 0,06 мл/дерево	13.07.2022	14,2 ± 3,86	0
	17.08.2022	39,6 ± 5,69	0
	12.09.2022	56,5 ± 6,76	25
	08.08.2023	100	100

Арбонал, примененный в дозе 0,16 мл/дерево и торнадо в дозе 0,20 мл/дерево также показали близкую эффективность к данному сроку учета. Через два месяца после проведения инъекций в двух вариантах отмечено начало полного отмирания деревьев ольхи серой – в варианте 1 отмерло 12 %, а варианте 2–4 %. В конце вегетационного сезона (12 сентября 2022 года) по-прежнему самым эффективным оставался вариант 1, где применялся гербицид торнадо в самой высокой дозе. Процент отмерших листьев ольхи серой достиг 84,3 %, а также зафиксировано полное отмирание 48 % деревьев. Смесь гербицидов торнадо, 0,20 мл/дерево + арбонал, 0,08 мл/дерево была второй по эффективности. По результатам учета, проведенного через 418 дней после обработки, в вариантах 3-6 отмечено полное подавление всех обработанных деревьев ольхи серой. Несколько более низкая эффективность наблюдалась в варианте 1 – 88 % отмерших деревьев. Самая низкая доля отмирания зафиксирована в варианте 2 (торнадо, 0,20 мл/дерево).

В опыте 2 применялись более низкие дозы отобранных препаратов, чем в опыте 1. Учет, проведенный через 26 дней после обработки, показал полное отсутствие арборицидного действия во всех вариантах опыта (табл. 2).

Таблица 2

Действие гербицидов на ольху серую в опыте 2 (обработка 22.07.2022)

Вариант опыта	Дата учёта	Отмирание листьев, %	Отмирание деревьев, %
1. Торнадо, 0,12 мл/дерево	17.08.2022	0	0
	12.09.2022	1,1 ± 0,54	0
	08.08.2023	37,5 ± 5,53	0
2. Арбонал, 0,08 мл/дерево	17.08.2022	0	0
	12.09.2022	6,6 ± 1,90	0
	08.08.2023	100	100
3. Торнадо, 0,12 мл/дерево + + арбонал 0,08 мл/дерево	17.08.2022	0	0
	12.09.2022	24,3 ± 5,21	0
	08.08.2023	100	100
4. Торнадо, 0,12 мл/дерево + + арбонал 0,06 мл/дерево	17.08.2022	0	0
	12.09.2022	6,8 ± 1,93	0

	08.08.2023	100	100
--	------------	-----	-----

Это объясняется низкими дозами примененных гербицидов и весьма небольшим отрезком времени, прошедшим между закладкой опыта и проведением первого учета. Через 52 дня после проведения обработки во всех вариантах опыта отмечено начало проявления арборицидного действия примененных препаратов. Самая высокая доля отмерших листьев – 24,3 % зафиксирована в варианте, где применялась смесь торнадо 0,12 мл/дереву + арбонал 0,08 мл/дереву. В вариантах 2 (арбонал 0,08 мл/дереву) и 4 (торнадо 0,12 мл/дереву + арбонал 0,06 мл/дереву) наблюдался схожий уровень отмирания листьев – 6,6 и 6,8 % соответственно. Наиболее низкая эффективность зафиксирована в варианте 1, где применялся гербицид торнадо в низкой дозе (0,12 мл/дереву) – 1,1 %, что значительно ниже, чем в остальных вариантах – например, это в 22 раза ниже, чем в варианте 1. Через 382 дня после обработки в варианте с применением торнадо в чистом виде отмершими признано лишь 37,5 % деревьев ольхи серой. Во всех остальных вариантах зафиксировано полное отмирание всех обработанных деревьев. По результатам проведенных исследований установлено, что гербицид торнадо в дозе 0,55 мл/дереву к концу второго после обработки вегетационного сезона показал высокую эффективность действия на ольху серую. Значительно меньшая степень подавления данной породы отмечена в вариантах с применением более низкой дозы препарата (0,20 мл/дереву). Торнадо в дозе 0,12 мл/дереву не оказал существенного токсического действия на ольху серую. Арбонал значительно медленнее торнадо и смесей гербицидов начал проявлять токсическое действие, однако через год после обработки в опытных вариантах с применением арбонала отмерли все деревья ольхи серой. Кроме того, необходимо отметить, что при обработке этой породы арбоналом отмирает не только обработанное дерево, но и большинство деревьев, имеющих общую коревую систему с обработанным. Также полное подавление ольхи серой отмечено в вариантах с применением смесей торнадо, 0,20 мл/дереву + арбонал, 0,08 мл/дереву; торнадо, 0,25 мл/дереву + арбонал, 0,06 мл/дереву; торнадо, 0,12 мл/дереву + арбонал 0,08 мл/дереву; торнадо, 0,12 мл/дереву + арбонал 0,06 мл/дереву.

Таким образом, целый ряд испытанных вариантов применения гербицидов при их инъекции в стволы деревьев ольхи серой оказался очень эффективным в дозах, которые значительно ниже минимально рекомендованных в регламентах «Государственного каталога пестицидов...».

Финансирование исследования осуществлялось Федеральным агентством лесного хозяйства по государственному заданию ФБУ «СПбНИИЛХ», № 053-00006-22-00 от 23.12.2021.

*E-mail автора для переписки: a.postnikov@spb-niilh.ru

Литература

1. Писаренко, А.И. Создание искусственных лесов // А.И. Писаренко, М.Д. Мерзленко. – М. : Агропромиздат, 1990. – 270 с.
2. Редько, Г.И. Лесовосстановление на европейском севере России / Г.И. Редько, Н.А. Бабич. – Архангельск : Северо-Западное книжное издательство, 1994. – 188 с.
3. Егоров, А.Б. Восстановление хвойных лесов регулированием состава и строения фитоценозов химическим способом: современное состояние и перспективы развития / А.Б. Егоров // Современные проблемы и эффективность регулирования фитоценозов в лесном хозяйстве : Труды СПбНИИЛХ. – СПб. : СПбНИИЛХ, 1999. – С. 9–23.
4. Трофимов, Л.Н. Экономическая оценка химического ухода за молодняками в производственных условиях (на примере Ленинградской облвсти) / Л.Н. Трофимов // Теория и практика химического ухода за лесом : Труды СПбНИИЛХ. – СПб. : СПбНИИЛХ, 2004. – Вып. 1 (11). – С. 114–118.

5. Дружинин, Ф.Н. Экономическая оценка химического воздействия на фаунную осину / Ф.Н. Дружинин, О.А. Васильева, Л.В. Берсенева [и др.] // Успехи современного естествознания: сельскохозяйственные науки. – 2021. – № 4. – С. 7–12.

6. Мамаева, А.А. Оценка эффективности химических уходов за культурами ели / А.А. Мамаева, Т.А. Конюхова // Инновации в химико-лесном комплексе: тенденции и перспективы развития. – Красноярск : СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2019. – С. 154–157.

7. Методические указания по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве / Всероссийский НИИ защиты растений (ВИЗР), Минсельхоз России. – СПб., 2013. – 280 с.

8. «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов», разрешенных к применению на территории Российской Федерации. 2023 год. – URL: <https://57.fsvps.gov.ru/wpcontent/uploads/sites/14/2023/02/gx30y3nynditdrppsqaqr92to838054i.zip> (дата обращения: 26.03.2024).

DOI 10.21178/160524.265

УДК 630*1, 630*116, 551*521

Оценка гидрологических показателей на радиологических стационарах в сосновых, дубовых и березовых насаждениях дальней зоны чернобыльских выпадений

© А.М. Потапенко*, Н.В. Толкачева, А.К. Козлов, В.А. Серенкова

Институт леса НАН Беларуси, ул. Пролетарская, 71, Гомель, 246050, Беларусь

Представлены результаты оценки динамики гидрологических показателей (количества атмосферных осадков, уровня грунтовых вод) по данным метеостанций и на радиологических стационарах сосновых, березовых и дубовых насаждениях на загрязненной радионуклидами территории Ельского лесхоза, Ветковского и Наровлянского спецлесхозов. Установлено влияние удаленности от канала на уровень грунтовых вод на радиологических стационарах. Показано, что в сосновых насаждениях при удалении 20 м от канала наблюдается снижение УГВ в среднем в 2,2 раза, 50 м – 2,0 раза, 100 м – 1,4 раза; в березовых насаждениях, соответственно, в 2,7, 2,0, 1,4 раз; в дубовых насаждениях – в 1,7, 1,6 и 1,4 раз, соответственно.

The results of assessment of hydrological indicators dynamics (amount of precipitation, groundwater level) dynamics according to meteorological stations and on radiological stations of pine, birch and oak stands on the radionuclide contaminated territory of Elsk forestry, Vetkovsky and Narovlya special forestry enterprises are presented. The influence of remoteness from the canal on groundwater level at radiological stations was established. It is shown that in pine stands at a distance of 20 m from the canal there is an average decrease in groundwater table in 2.2 times, 50 m – 2.0 times, 100 m – 1.4 times; in birch stands, respectively, in 2.7, 2.0, 1.4 times; in oak stands – in 1.7, 1.6 and 1.4 times, respectively.

Введение

Спустя 37 лет после катастрофы на Чернобыльской атомной электростанции все еще остаются радиоактивно загрязненными 15,5 % (1502,9 тыс. га) площади лесов Республики Беларусь. По данным ГУ «Беллесозащита» основная доля загрязненных радионуклидами лесов находится в ведении Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь (82,0 %) и Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды (14,0 %). Площадь радиоактивного загрязнения лесного фонда Минлесхоза составляет 1226,4 тыс. га (14,2 % от общей площади). Наибольшая часть (69,3 %) территорий радиоактивного загрязнения лесного фонда отнесена к I зоне с плотностью загрязнения почв ^{137}Cs от 1 до 5 Ки/км² и II (5-15 Ки/км²) (23,7 %), остальные – к III и IV зонам (15-40 Ки/км²) и (40 Ки/км² и более) [1].

Масштабное радиоактивное загрязнение лесов Беларуси привело к невозможности обеспечивать нормальное ведение лесного хозяйства, рациональное пользование продуктами леса на землях лесного фонда Республики Беларусь.

Климатические изменения, происходящие на протяжении последних 10 лет, оказывают существенное отрицательное влияние на ведение лесного хозяйства. Особенно интенсивно они проявляются при снижении уровня грунтовых вод. При этом снижается продуктивность и биологическая устойчивость насаждений, увеличивается количество

лесных пожаров, изменяются формы нахождения радионуклидов в почвенно-подстилочном комплексе и характер их миграции. Наиболее интенсивно такие процессы отмечаются в Гомельской области, где почти половина произрастающих на её территории лесов загрязнена радионуклидами [1]. В то же время среднегодовая температура в этом регионе увеличилась более чем на 1,4 °С и отмечается снижение количества выпадающих атмосферных осадков. Так в 2019 году выпало 475 мм осадков при норме 624 мм. Произошло повсеместное снижение уровня грунтовых вод на 1,0-1,5 м [2].

В связи с тем, что значительная часть лесных земель, загрязненных радионуклидами, имеют избыточное увлажнение, происходящие в настоящее время климатические изменения, выраженные в снижении уровня грунтовых вод, оказывают существенное влияние на миграцию радионуклидов в почвах и переход их в растения. Определяющий фактор этого явления базируется на физиологической активности древесных растений и характере развития корневых систем. По накоплению радионуклидов в ассимилирующих органах распределение древесных пород носит следующий характер (в порядке убывания): дуб, осина, береза, ель, ольха, сосна [3-5].

При более высоком уровне увлажнения миграция радионуклидов в лесном фитоценозе существенно увеличивается: как вглубь почвенного профиля, так и в системе «почва-растение». Это обусловлено, в первую очередь, увеличением подвижности и биологической доступности радионуклида, стоком его наиболее миграционно способных форм в составе почвенной влаги в микропонижениях рельефа, а также увеличением потребления питательных элементов растениями в результате оптимизации условий их произрастания. В то же время представляют интерес особенности динамики этого процесса в условиях климатических изменений при резком изменении гидрологического режима (снижение уровня грунтовых вод (далее – УГВ)) ранее мелиорированных территорий.

Объекты и методы исследования

В качестве основных гидрологических показателей при исследовании учитывались уровень грунтовых вод (УГВ) и количество атмосферных осадков. Для исследований были созданы радиологические стационары, а также были восстановлены стационары, заложенные в 1989-2015 годах: «Ветка», «Валавск», «Головчицы». На каждом стационаре закладывались по три пробные площади. Пробные площади располагались длинной стороной параллельно мелиоративным каналам на расстоянии 25, 50 и 100 м от осушителя. Такое расположение пробных площадей обеспечивает практически одинаковый водный режим на определенном удалении от канала.

Водомерные колодцы (скважины) устанавливались в виде створов перпендикулярно осушителю на расстоянии от него – 25, 50, 100 м. Расстояние между створами – 50 м. Количество створов – 3. Учет УГВ проводился в 2022 г. в течении вегетационного сезона. Величина выпавших осадков определялась по данным Государственного учреждения «Белгидромет» и на стационарах с использованием осадкомера.

Результаты исследования

Как известно, максимальный УГВ приурочен к весеннему периоду разлива рек и осеннему периоду дождей, минимальный – летом в меженный период. На УГВ в начале вегетации существенное влияние оказывают выпавшие осадки. Так, в весенний период (начиная с апреля 2022 г.) на стационаре «Ветка» выпало 420 мм осадков (рис. 1). В летний период (216 мм) количество осадков сократилось на 48,5 % по сравнению с весенним периодом. Осенний период (483 мм) характеризовался увеличением в 2,2 раза количества выпавших осадков по сравнению с летним периодом. Максимальное количество осадков отмечено в апреле.

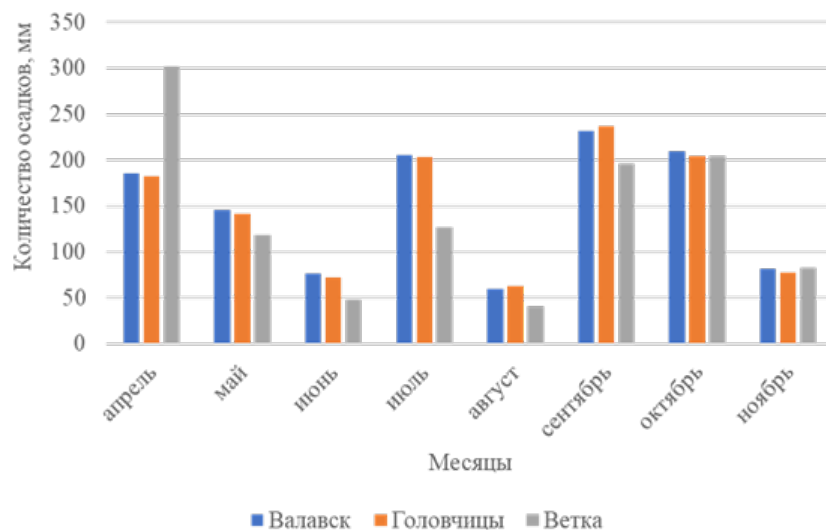


Рис. 1. Динамика количества осадков на стационарах

На стационаре «Валавск» в весенний период (начиная с апреля 2022 г.) выпало 324 мм осадков. В летний период (338 мм) количество осадков увеличилось на 4,3 % по сравнению с весенним периодом. Осенний период (519 мм) характеризовался увеличением в 1,5 раза количества выпавших осадков по сравнению с летним периодом. Максимальное количество осадков отмечено в сентябре.

На стационаре «Головчицы» в весенний период (начиная с апреля 2022 г.) выпало 332 мм осадков. В летний период (341 мм) количество осадков увеличилось на 2,7 % по сравнению с весенним периодом. Осенний период (524 мм) характеризовался увеличением в 1,6 раза количества выпавших осадков по сравнению с летним периодом. Максимальное количество осадков отмечено в сентябре также как и на стационаре «Головчицы».

Анализ метеоданных из областных и районных центров (Гомель, Мозырь), расположенных рядом с исследуемыми стационарами (Ветка, Валавск, Головчицы) показал, что в г. Гомель в весенний период (начиная с апреля 2022 г.) выпало 460 мм осадков. В летний период (238 мм) количество осадков снизилось на 48,2 % по сравнению с весенним периодом. Осенний период (538,6 мм) характеризовался увеличением в 2,3 раза количества выпавших осадков по сравнению с летним периодом. Максимальное количество осадков отмечено в апреле (рис. 2).

В Мозыре в весенний период (начиная с апреля 2022 г.) выпало 336 мм осадков. В летний период количество осадков (347,8 мм) увеличилось на 3,5 % по сравнению с весенним периодом. Осенний период (551,6 мм) характеризовался увеличением в 1,6 раза количества выпавших осадков по сравнению с летним периодом. Максимальное количество осадков отмечено в сентябре. Установленные данные по количеству осадков с метеостанций сопоставимы с данными, полученными на стационарах.

Установлена динамика УГВ на стационарах при расстоянии от 20 м до 100 м от мелиоративного канала. В исследуемых сосновых насаждениях при удалении 20 м от канала наблюдается снижение УГВ в среднем 2,2 раза, 50 м – 2,0 раза, 100 м – 1,4 раза; в березовых насаждениях при удалении 20 м от канала наблюдается снижение УГВ в 2,7 раз, 50 м – 2,0 раза, 100 м – 1,4 раза; в дубовых насаждениях при удалении 20 м от канала наблюдается снижение УГВ в 1,7 раз, 50 м – 1,6 раз, 100 м – 1,4 раза. Максимальный УГВ отмечен в ранневесенний период после разливов и таяния снегов, минимальный – в летний межженный период. Анализ УГВ на стационарах в исследуемых гигротопях показал, что с увеличением гигротоба от 2 (свежий) до 5 (очень сырой) при удаленности от канала 20-50-100 м средний УГВ повышается в 4,5; 5,6; 5,2 раз, соответственно (рис. 3).

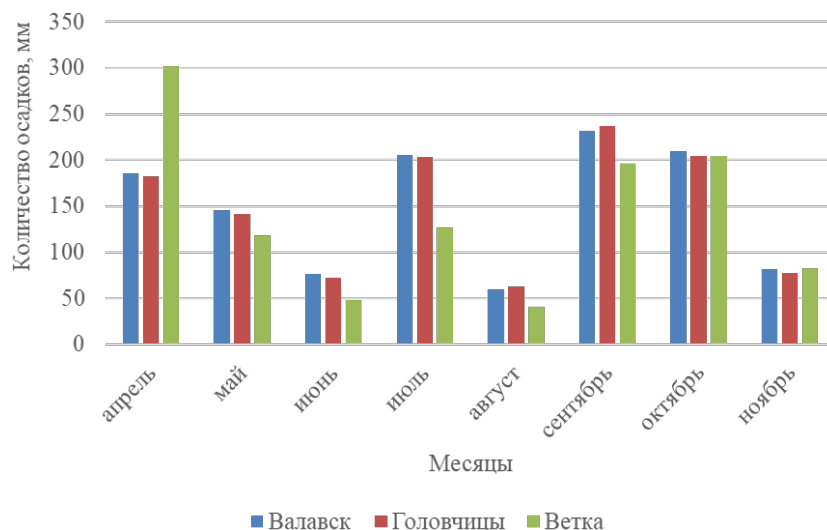


Рис. 2. Динамика количества осадков по данным метеостанций г. Гомель и г. Мозырь

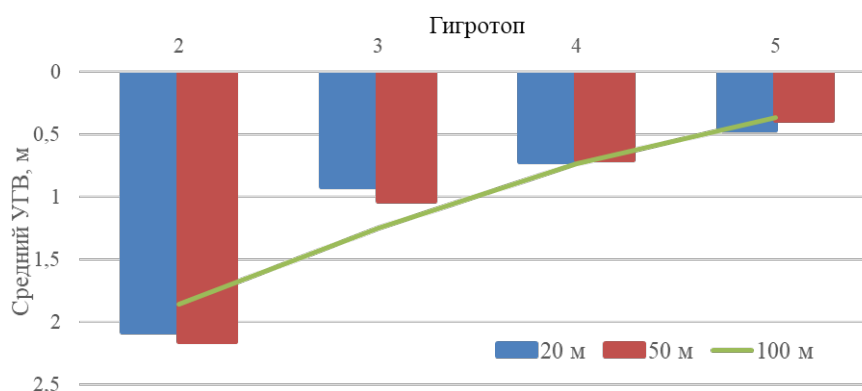


Рис. 3. Динамика влияния на УГВ удаленности от канала на стационарах

Анализ полученных данных по количеству осадков и УГВ на исследуемых стационарах в сосновых, дубовых и березовых насаждениях в дальней зоне чернобыльских выпадений показал, что на стационарах имеются различия УГВ (от 0,36 до 2,16 м) в зависимости от удаленности водомерных колодцев от мелиоративного канала.

Заключение

Установлено влияние на уровень грунтовых вод (УГВ) удаленности от мелиоративного канала на стационарах в сосновых, березовых и дубовых насаждениях. В сосновых насаждениях при удалении 20 м от канала наблюдается снижение УГВ в среднем в 2,2 раза, 50 м – 2,0 раза, 100 м – 1,4 раза; в березовых насаждениях, соответственно, в 2,7, 2,0, 1,4 раз; в дубовых насаждениях – в 1,7, 1,6 и 1,4 раз. Максимальный УГВ отмечен в ранневесенний период, минимальный – в летний меженный период. При увеличении влажности гигротопы от свежего до очень сырого при удаленности от канала 20, 50 и 100 м средний УГВ повышается в 4,5; 5,6; 5,2 раз, соответственно.

*E-mail автора для переписки: formelior@tut.by

Литература

1. Радиоактивное загрязнение лесного фонда. [Электронный ресурс]. – URL: <https://bellesozaschita.by/radiacionnyj-kontrol/radioaktivnoe-zagrjaznenie-lesnogo-fonda/> (дата обращения: 27.01.2023).
2. Лысенко, С.А. Механизмы стабилизации современного климата / С.А. Лысенко, В.Ф. Логинов, С.Л. Ощепков // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2018. – Т. 62, № 6. – С. 750-755.
3. Лысенко, С.А. Роль лесов в поддержании водного баланса на территории Беларуси / С.А. Лысенко, В.Ф. Логинов // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2020. – Т. 64, № 2. – С. 225-232.
4. Мартинович, Б.С. Оценка воздействия радиоактивного загрязнения лесных фитоценозов на функциональную активность древесных растений / Б.С. Мартинович [и др.] // Десять лет после Чернобыльской катастрофы (научные аспекты проблемы): Тезисы докладов международной научной конференции. – Минск, 1996. – С. 182.
5. Мельник, Н.А. Радиоэкологические исследования хвойных пород деревьев / Н.А. Мельник, А.Н. Кизеев // Вестник МГТУ. – 2006. – Т. 9, № 3. – С. 429-433.

DOI 10.21178/160524.270

УДК 630*8

Анализ компонентного состава экстрактов клена остролистного, мелколистного и белого

© С.Г. Ржевский^{1*}, Е.А. Шабанова¹, М.А. Потапов²

¹ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии, ул. Ломоносова, 105, г. Воронеж, 394087, Россия

²ФГБОУ ВО Воронежский государственный университет, Университетская пл., 1, г. Воронеж, 394018, Россия

В данном исследовании представлен анализ состава спиртовых экстрактов клена остролистного формы «Шведлера» (*Acer platanoides* var. *Schwedleri*), клена мелколистного (*A. pictum* subsp. *mono*) и клена белого (*A. pseudoplatanus*). Доминирующими компонентами экстракта клена Шведлера являются 3-О-метил- d -глюкоза, фитол, глютинол; клена белого – 1,30-триаконтандиол, 4-О- β - D -галактопиранозил- β - D -глюкопиранозы; клена мелколистного – ламинитол. Также выявлен ряд биоактивных веществ, как специфических, так свойственных нескольким видам.

This study presents an analysis of the composition of alcoholic extracts of Norway maple "Schwedler" (*Acer platanoides* var. *Schwedleri*), small-leaved maple (*A. pictum* subsp. *mono*) and white maple (*A. pseudoplatanus*). The dominant components of Schwedler maple extract are 3-O-methyl-d-glucose, phytol, glutinol; white maple – 1,30-triacontanediol, 4-O- β -D-galactopyranosyl- β -D-glucopyranose; small-leaved maple – laminitol. A number of bioactive substances, both specific and characteristic of several species, have also been identified.

Представители рода Клен (*Acer* L.) – ценные лесообразующие породы, широко распространены в Европе, Азии и Северной Америке. Древесина клена – одна из наиболее ценных среди твердолиственных пород по физико-механическим параметрам. Многие виды являются медоносами. Клены имеют многочисленные формы и сорта, отличающиеся от видовой нормы по окраске листьев, форме листовой пластинки, кроны и другим признакам, что делает их высоко востребованными в декоративном озеленении [1].

Многоплановость использования кленов в различных отраслях хозяйства затрудняет создание единой модели сорта. В зависимости от целей и задач селекция может идти в направлении повышения продуктивности кленовников, либо отбора деревьев, отличающихся прямизной ствола и быстротой роста для высококачественной прямослойной древесины, отбора, устойчивых к болезням и вредителям экземпляров, а также – дающих декоративную текстуру древесины [2, 3].

Отдельного внимания заслуживает вопрос изучения химического состава растительного сырья кленов. Известно, что в их листьях содержатся углеводы, алкалоиды, органические кислоты, каратиноиды, азотсодержащие соединения, витамины С, Е, дубильные вещества, флавоноиды, антоцианы и др. [4]. Предварительные фармакологические исследования показали, что экстракты и соединения, выделенные из представителей данного рода, проявляют широкий спектр биологической активности, оказывая антиоксидантное, противоопухолевое, противовоспалительное,

антидиабетическое, гепатопротекторное воздействие и др. По большей части биологическая активность этих видов может быть связана с содержащимися в них флавоноидами и дубильными веществами. В то же время сообщения о токсичности веществ, содержащихся в экстрактах разных видов клена для человека весьма ограничены [5].

Объектами исследования послужили спиртовые экстракты листьев клена остролистного формы «Шведлера» (*Acer platanoides* var. *Schwedleri* K. Koch), клена мелколистного (*A. pictum* subsp. *mono* (Maxim.) H. Ohashi) и клена белого (*A. pseudoplatanus* L.). Отбор материала производился в Воронежской области на территории лесопитомника ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии» и Семилукского лесопитомника в июле 2023 года.

Для приготовления экстракта навеска в 10 г листьев заливалась 96% этиловым спиртом в соотношении 3:1 к сырью, гомогенизировались и помещались в термостат с температурой 60^oC на 12 часов, после чего сырье настаивалось при комнатной температуре еще двое суток. Анализ приготовленных фитоэкстрактов проводился на хроматографе «Agilent 7890B GC System» с детектором масс «Agilent 5977A MSD» (США). Анализ и обработка данных осуществлялись на основании баз данных NIST11 (19 мая 2011 года), с использованием программного обеспечения «MassHunter v. B.06.00» и «NIST MS Search 2.0».

Компонентный состав изучаемых видов в проведенном исследовании существенно отличался. Доминирующими компонентами экстракта клена остролистного Шведлера являются 3-О-метил- α -D-глюкоза, фитол, глютинол; клена белого – 1,3,0-триакоктандиол, 4-О- β -D-галактопиранозил- β -D-глюкопиранозы, октакозанол; клена мелколистного – ламинитол.

Среди компонентов, принадлежащих нескольким проанализированным видам, выявлен ряд биоактивных веществ: γ -ситостерол (во всех трех видах), фитол, стигмастерол и витамин Е (в составе клена остролистного Шведлера и клена мелколистного), β -амирин (в составе клена белого и мелколистного).

Кроме того, у отдельных видов обнаружены специфические вещества с доказанной биоактивностью: в экстракте клена Шведлера – глютинол, симиаренол, лупеол, сквален, бетулинальдегид; белого клена – хинная кислота, 1-гексакозанол, эмульфор; клена Моно – ламинитол.

Рассмотрим биологическую активность некоторых из обнаруженных компонентов. γ -Ситостерол – фитостерин, снижает уровень липидов в крови, обладает антигипергликемической активностью [6]. Стигмастерол – фитостерин, оказывает анксиолитический и противосудорожный эффекты [7]. Фитол – одоненасыщенный дитерпен, участвует в синтезе витаминов Е и К1 [8]; установлено его анксиолитическое, цитотоксическое, антиоксидантное, антиноцицептивное, противовоспалительное, иммуномодулирующее и противомикробное действие [9]. β -Амирин – тритерпен; смесь его изомеров оказывает анальгезирующее, противовоспалительное, противосудорожное, антидепрессивное, гастропротекторное, гепатопротекторное, антипанкреатическое, антихолитическое, антигипергликемическое и гиполипидемическое действие [10]. Витамин Е – группа производных токоферола, обладающих антиоксидативными свойствами, являются протекторами клеточных мембран [11].

Таким образом, показано, что спиртовые экстракты листьев исследованных видов клена содержат широкий спектр биологически активных веществ, что делает перспективным их использование в фармацевтике, косметологии, пищевой промышленности, производстве кормов для животных.

*E-mail автора для переписки: slavaosin@yandex.ru

Литература

1. Колесников, А.И. Декоративная дендрология / А.И. Колесников. – М. : Лесная промышленность, 1974. – С. 408–428.
2. Царев, А.П. Селекция лесных и декоративных древесных растений : учебник (под ред. А.П. Царева) / А.П. Царев, С.П. Погиба, Н.В. Лаур. – М. : МГУЛ, 2014. – 552 с.
3. Царев, А.П. Характеристика насаждений клена остролистного, произрастающего в ЦЧР / А.П. Царев, Р.П. Царева, В.А. Царев, Н.С. Мохова, О.В. Трегубов, Е.А. Шабанова // ФГБУ «ВНИИЛГИСбиотех» – Наука и практика : Сб. научн. работ. – Воронеж : ФГБУ «ВНИИЛГИСбиотех», 2022. – С. 106–112.
4. Рязанова, Н.А. Клены в Башкирском Предуралье : биологические особенности в условиях интродукции / Н.А. Рязанова, В.П. Путенихин – Уфа : Гилем, 2012. – 223 с.
5. Bi, W. Traditional uses, phytochemistry, and pharmacology of the genus *Acer* (maple) : A review / W. Bi, Y. Gao, J. Shen, C. He, H. Liu, Y. Peng, P. Xiao // Journal of ethnopharmacology, 2016. – Vol. 189. – P. 31–60.
6. Balamurugan, R. Antidiabetic activity of γ -sitosterol isolated from *Lippia nodiflora* L. in streptozotocin induced diabetic rats / R. Balamurugan, V. Duraipandiyan, S. Ignacimuthu // European journal of pharmacology, 2011. – Vol. 667. – No. 1–3. – P. 410–418.
7. Karim, N. Stigmasterol can be new steroidal drug for neurological disorders: Evidence of the GABAergic mechanism via receptor modulation / N. Karim, I. Khan, A. Abdelhalim, S.A. Halim, A. Khan, A. Al-Harrasi – DOI: 10.1016/j.phymed.2021.153646 // Phytomedicine, 2021. – Vol. 90. – P. 153646.
8. McGinty, D. Fragrance material review on phytol / D. McGinty, C.S. Letizia, A.M. Api. – DOI: 10.1016/j.fct.2009.11.012 // Food and Chemical Toxicology, 2010. – No. 48. – Suppl. 3. – P. 59–63.
9. Islam, M.T. Phytol: A review of biomedical activities / M.T. Islam, E.S. Ali, S.J. Uddin, S. Shaw, M.A. Islam, M.I. Ahmed, A.G. Atanasov // Food and chemical toxicology, 2018. – Vol. 121. – P. 82–94.
10. Nogueira, A.O. Pharmacological effects of the isomeric mixture of alpha and beta amyryn from *Protium heptaphyllum*: a literature review / A.O. Nogueira, Y.I.S. Oliveira, B.L. Adjafre, M.E.A. de Moraes, G.F. Aragão – DOI: 10.1111/fcp.12402 // Fundamental clinical pharmacology, 2019. – No. 33. – P. 4–12.
11. Айдарханов, Б.Б. Молекулярные аспекты механизма антиокислительной активности витамина Е: особенности действия альфа-и гамма-токоферолов / Б.Б. Айдарханов, Э.А. Локшина, Е.Г. Ленская // Вопросы медицинской химии, 1989. – Т. 35, №3. – С. 2–9.

DOI 10.21178/160524.273

УДК 630*525, 630*624

Применение новых подходов к товаризации древостоев для улучшения экономической оценки лесов в интенсивной модели ведения лесного хозяйства

© Б.Д. Романюк*, С.В. Шинкевич, Я.В. Лебедева, Е.В. Мосягина

*Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства,
Институтский пр., д. 21, г. Санкт-Петербург, 194021, Россия*

В работе исследуется новый подход к составлению сортиментных и товарных таблиц, а также моделей товаризации. Подход основан на использовании массовых данных измерений с головок харвестеров формы стволов и данных о фактическом распиле ствола на сортименты. Также используются данные отвода и таксации делянок и данные о сортиментных планах заготовки. Разработаны специальные алгоритмы, позволяющие на основе этих данных определять сортиментную структуру насаждения с различными таксационными характеристиками. Предложенный метод имеет значительные преимущества перед действующей методикой. Он позволяет кардинально снизить затраты на работы, уменьшить сроки выполнения работ, получать сортиментные и товарные таблицы под реальные сортиментные планы и, таким образом, увеличивать экономическую эффективность оценки лесных ресурсов.

The new approach to timber assortment table's evaluation, as well as assortment prediction models is developed. The approach is based on the use of harvester's mass measurements data of trunk shapes and data on the distribution of assortments after actual logging. Data of measuring of cutting plots and data on assortment harvesting plans are also used. Special algorithms were developed, based on these data, which determine the assortment structure of forest stands with different characteristics. The proposed method has significant advantages over the current methodology. It radically reduces work and time expenses. It provides assortment tables for actual assortment plans and, thus, increases the economic efficiency of forest resource assessment.

В настоящее время в лесных районах Российской Федерации происходит переход на интенсивную модель использования и воспроизводства лесов [1]. Он вызван необходимостью резкого повышения экономической отдачи от использования лесов в виде перехода на систему «лесного огорода». Ключевым моментом этой экономической модели является оценка эффективности мероприятий, включая баланс затрат и прибыли на разных этапах лесного цикла. В частности, новые нормативы по рубкам ухода позволяют проводить рубку по новым технологиям и с гораздо большей интенсивностью, чем раньше. Однако из-за того, что эти рубки являются первыми уходами и многие средневозрастные насаждения перегущены, необходимо делать правильную товарную оценку вырубаемой части древостоя для эффективного подбора лесного фонда для рубок. Если говорить о сплошных рубках, то они рассредоточены на больших расстояниях доставки в достаточно низкопродуктивных насаждениях. Поэтому их товарная оценка является ключевым моментом при принятии решения по их вырубке и подготовке лесной инфраструктуры для этих рубок.

Основным подходом к товаризации до настоящего времени являлось использование сортиментных и товарных таблиц. Однако действующие сортиментные и товарные таблицы по регионам составлены 20-70 лет назад [2-4] по актуальным в то время требованиям к порокам древесины и сортиментным планам [5]. В настоящее время они устарели. Их применение вносит существенную ошибку в расчет материально-денежной оценки лесосек, определение арендной платы, планирование рубок и т. д. Кроме того, для рубок ухода, особенно при применении интенсивной модели, таких таблиц фактически не существует. Такая ситуация во многом связана с особенностями разработки этих таблиц. Требуется сбор огромного количества модельных деревьев с описанием формы ствола и пороков, что очень трудоемко и затратно. Например, таблицы по Северо-Западу РСФСР, разработанные Мошккалевым А.Г. в 1978 году [3], основывались на данных обмеров 23 тысяч модельных деревьев.

Вместе с тем, сейчас стал доступен другой источник данных о форме ствола и выходе сортиментов. При харвестерной заготовке через головку харвестера прогоняется весь ствол и с высокой точностью измеряется форма ствола, включая длину. На основании этих измерений оператором харвестера проводится распиловка ствола на сортименты согласно принятому сортиментному плану. Все эти данные записываются и хранятся, их можно использовать при статистической обработке совместно с таксационной характеристикой делянки, получаемой при отводе. Для крупных компаний количество записей базы деревьев может достигать 4-6 млн штук в год, что позволяет сформировать большой объем статистических данных для обработки. Также в крупных компаниях приняты сортиментные планы с несколькими длинами сортиментов (например, 4.1 и 6.1 м для пиловочника), что является достаточным с точки зрения оптимального распила стволов. На основании такой статистики можно строить сортиментные и товарные таблицы, приуроченные к разным возрастам, видам рубок и продуктивности условий роста. Таким образом, разработанная методика может применяться в разных регионах, что позволит актуализировать сортиментные и товарные таблицы для страны, а также получить актуальные данные и размеры и форме стволов в разных условиях. Реализация такого подхода позволит разработать систему товаризации насаждений для решения широкого круга задач использования лесов, связанных с необходимостью экономической оценки мероприятий при проведении сплошных рубок и рубок ухода.

Проблемы экономической оценки лесосечного фонда

1. В Российской Федерации в настоящее время существует определенная система поддержки и принятия решений в лесу и планирования на лесных территориях. Эта система включает сбор лесоустроительных данных в лесных выделах и далее их использование в создании различного рода плановых документах, например, на уровне лесничества или арендного участка. Поскольку плановые документы непосредственно связаны с производственной деятельностью, то они должны включать определенные экономические оценки лесных участков. В настоящее время основным элементом экономической оценки является получение материально-денежной оценки лесов или лесных участков через использование сортиментных и товарных таблиц и такс на стоимость древесины.

2. Однако основные, действующие в настоящее время, сортиментные и товарные таблицы разработаны в 60-80-х годах XX века в соответствии с действующими в то время сортиментными планами и требованиями качества сортиментов.

3. Эти сортиментные планы были очень ограничены по длинам и диаметрам, а многие из сортиментов сейчас фактически не применяются. Например, сортиментные и товарные таблицы для Северо-Запада СССР А.Г. Мошккалева [4] построены для длин сортиментов 6 м для хвойных пород и 5,5 м для лиственных, а перечень сортиментов включал столбы, рудничную стойку, шпальник, спичечный кряж и другие, которые сейчас практически не используются. При этом при составлении таблиц они пересекались по

требованиям к качеству с другими видами сортиментов, например, пиловочником или балансом, и разработчик таблиц устанавливал соотношение этих конкурирующих сортиментов в таблицах в соответствии с конъюнктурой текущего времени. Таким образом, сейчас таблицы в варианте, показывающем выход сортиментов, использовать бессмысленно. Другой вариант этих таблиц, который широко сейчас используется, давал выход не сортиментов напрямую, а определенных категорий крупности, например, крупную, среднюю, мелкую и другие с подразделением на сорта. Подразумевалось, что будет возможно переходить от этих категорий крупности сортов к сортиментному плану и ликвиду, ориентируемому на конкретного потребителя. Однако на практике это оказалось невозможно, поскольку категории крупности и сорта не соответствуют конкретным сортиментам, а выход сортиментного плана из насаждения или деревьев определенных характеристик жестко зафиксирован именно по категориям крупности и его невозможно изменить.

4. Таким образом, используя категории крупности невозможно перейти к современным сортиментным планам.

В настоящее время требования к сортиментам и сортиментным планам полностью поменялись. В отличие от старых сортиментных планов, сейчас очень широко используются более короткие длины сортиментов, например, 3, 4, 5 м. Очень существенно снижены требования к диаметрам в верхнем отрезе, например, для определенных видов переработки допускается пиловочник с диаметром в верхнем отрезе 10 см и баланс до 5-6 см. Это связано с требованием максимизации выхода нужных сортиментов и повышения эффективности затрат при лесозаготовке, а также с общим ухудшением качества лесного фонда и снижением в 80-90-х годах XX века возраста рубки древостоев практически во всех регионах Российской Федерации. Сейчас реальные сортиментные планы строятся на комбинации различного вида пиловочника (крупного, мелкого) разных длин и баланса также разных длин. Количество комбинаций таких сортиментов по 4 породам (ель, сосна, береза, осина) для конкретного заготовителя может достигать 20. Другие виды сортиментов практически отсутствуют. Также является характерной постоянной адаптация сортиментных планов к текущему спросу и изменениям технологии переработки.

Применение устаревших сортиментных и товарных таблиц в таких условиях приводит к очень большим ошибкам в определении выхода сортиментов и экономической оценки лесов, как со стороны государства, так и лесопромышленных компаний. Например, разница в совокупной экономической оценке делянок, т. е. выхода необходимых сортиментов и их стоимости между применением устаревших таблиц, стандартных такс на стоимость по категориям крупности и реального распила под действующий сортиментный план с учетом рыночных цен на сортименты, составляет 100-200 %, а в исключительных случаях может доходить до 1000 %.

С началом массового применения нормативов по рубкам ухода по интенсивной модели сложилась особенно сложная ситуация с подбором делянок. Это связано с проблемами оценки экономической эффективности проведения рубок в конкретных выделах при разных таксационных показателях, поскольку практически отсутствуют таблицы, позволяющие оценить выход сортиментов при таких рубках и, соответственно, экономическую эффективность.

Проблемы создания сортиментных и товарных таблиц

1. Истоки действующей в настоящее время методики товаризации насаждений уходят к моменту первоначальной таксации лесов и организации лесоустройства. Она основана на идее измерения небольшой части насаждения определенных характеристик и затем на распространении этих данных на все насаждения таких же характеристик. Окончательную форму эта методика приняла в 70-80 годах XX века и базируется на сборе данных по модельным деревьям на пробных площадях [6]. Модельные деревья

выбираются систематическим образом, например, каждое 8 дерево при проведении перечета. После этого они срубаются, распиливаются на секции и для каждой секции описываются как различные геометрические размеры, так и все виды пороков (рис. 1). Количество пороков достаточно большое (более 40) и требует высокой квалификации исполнителя по определению и измерению этих пороков. Для обеспечения приемлемой точности выхода сортиментов требуется набрать очень большое количество модельных деревьев. Например, таблицы А.Г. Мошкалева [3-4] по 4 породам основаны на сборе более 20000 модельных деревьев. Соответственно проводился также сплошной переčet всех деревьев на самой пробной площади, и определялась детальная таксационная характеристика этой пробной площади.

2. В современных условиях сбор таких данных и в таком объеме превратился в крайне трудновыполнимую задачу из-за организационного усложнения работ и их очень высокой стоимости. Например, вальщики деревьев должны пройти специальные курсы, иметь лицензию и спецодежду и обувь. Раньше, до изменения Лесного кодекса, можно было выписывать лесорубочный билет на валку отдельных деревьев и проводить эти рубки в научно-исследовательских целях. В настоящее время после изменений в законодательстве и ужесточения контроля за срубленной древесиной практически невозможно срубить и оставить в лесу эти модельные деревья.

3. В настоящее время требуется огромное количество таблиц в соответствии с разнообразными сортиментными планами, которые также постоянно меняются. Кроме этого, для лесопромышленных компаний важен более углубленный анализ экономической оценки лесов, включая выбор оптимального сортиментного плана для конкретных древостоев.



Рис. 1. Модельное дерево ели, подготовленное

Альтернативный подход к товаризации древостоев

С середины 90-х годов XX века с началом применения многооперационной техники появился новый источник данных о форме и качестве стволов деревьев при заготовке древесины на делянке. Технология применения харвестерных головок помимо срезания самого дерева включает последующий прогон всего ствола со срезанием всех сучьев и параллельным измерением с очень высокой детальностью диаметров ствола. После такого прогона на основе измерений и визуальной оценки оператором харвестера основных сортобразующих пороков на отдельных частях ствола устанавливается вариант распила каждого отдельного ствола на сортименты, установленные сортиментным планом (рис. 2).

Таким образом, для каждого ствола записывается и сохраняется в компьютере харвестера двойной набор данных. Один относится к измерению диаметра в коре ствола с очень высокой точностью через каждые 10 см, т. е. полностью описывается форма ствола.

Другой включает описание видов сортиментов, их длин и диаметров в верхнем и нижнем отрезе, а также все остальные детали фактической раскряжевки ствола. С учетом того, что на одном гектаре спелых древостоев вырубается в среднем от 800 до 1200 стволов, а средняя площадь делянки в таежной зоне колеблется в пределах 30-40 га, то очевидно, что даже при рубке относительно небольшого числа делянок можно получить огромную статистику по вырубаемым деревьям. Далее можно ее использовать для создания сортиментных и товарных таблиц и моделей товаризации в соответствии с фактическим распилом.



Рис. 2. Примеры складирования на лесосеке разных видов сортиментов при работе харвестера: (а – при рубках ухода в пасаках, б – при подготовке волоков)

В настоящее время виды сортиментов в сортиментных планах стабилизировались в достаточно узких пределах (пиловочник или фанкряж разного рода, баланс и отходы), а сортиментные планы отличаются в основном длиной сортиментов и допустимым минимальным диаметром верхнего отрезе. Используя определенные статистические модели на массовых данных измерений стволов, можно, исходя из данных фактического распила, модифицировать в достаточно широких пределах сортиментные и товарные таблицы в соответствии с измененными на длины и диаметры сортиментными планами.

Последовательность работ по получению сортиментных и товарных таблиц таким путем включает 2 этапа.

1. Сбор необходимых данных:

- о фактической раскряжевке и форме ствола с харвестерных головок для определенного числа делянок;
- по отводу и таксации указанных делянок;
- о сортиментных планах заготовки.

2. Моделирование:

- ✓ проверка исходных данных;
- ✓ построение моделей деревьев и сортиментации под фактический распил;
- ✓ расчет сортиментных и товарных таблиц под фактический распил;
- ✓ построение моделей под измененный сортиментный план,
- ✓ расчет сортиментных и товарных таблиц под измененный сортиментный план.

Особенности применения нового подхода при расчете современных сортиментных и товарных таблиц

Научно-исследовательский отдел лесопользования и лесоустройства ФБУ «СПбНИИЛХ» в 2022-2024 годах в рамках выполнения государственного задания разработал методику и алгоритмы использования массовых измерений с харвестерных головок для получения сортиментных и товарных таблиц и моделей сортиментации под различные сортиментные планы. В качестве исходных данных использовались массовые

измерения деревьев и результаты фактического распила 58 делянок лесного филиала АО «Группа «Илим» в г. Коряжма, включая данные более 574 тыс. деревьев по форме ствола, выходу сортиментов, данные по 1237 тыс. сортиментов, 58,5 млн числа измерений диаметров. Эти данные были собраны с делянок как сплошных, так и рубок ухода по новым нормативам интенсивной модели. По результатам этой работы разработаны сортиментные и товарные таблицы в соответствии с фактическим распилом делянок, так и по измененным сортиментным планам.

В ходе работы выявлен ряд особенностей использования исходных данных, собственно моделирования и формирования результатов.

1. Используется большое количество исходных данных:

- от сотен тысяч до миллионов стволов,
- от миллионов до десятков миллионов сортиментов,
- от десятков миллионов до сотен миллионов измерений диаметров стволов на различных высотах.

Такой объем данных соответствует 30–60 средним по площади делянкам.

Оперирование таким большим объемом данных требует создания специальных рабочих баз данных и оптимизации доступа к этим данным для сокращения времени расчетов.

2. Алгоритм моделирования достаточно сложный и его удобно разделять на несколько последующих шагов:

- проверка исходных данных, включающая их полноту, грубые ошибки записей измерений, проверка соответствия таксационных характеристик делянок усредненным данным по измеренным деревьям и другие,
- поскольку при раскряжке харвестер отрезает вершину в соответствии с требованием минимального диаметра данного сортиментного плана или возможности набора сортиментов по длинам в стволе, то проводится специальное моделирование этих отрезанных вершинок деревьев для получения полной формы ствола и использования ее в распиле под другие сортиментные планы,
- для того, чтобы связать данные по отдельным деревья с данными о таксационной характеристике насаждения, используется специальный метод представления ряда распределения деревьев в насаждении по диаметру и высоте набором смоделированных деревьев-представителей,
- для получения устойчивых статистических оценок необходимых параметров для каждого дерева-представителя в базе данных находятся наиболее похожие деревья по размерам и таксационным характеристикам делянки,
- формирование результатов по выходу сортиментов в формате товарных таблиц с высокой точностью получается на основе усреднения данных о фактическом распиле найденных похожих деревьев для каждого дерева-представителя,
- для создания таблиц с длинами и диаметрами отличными от фактического сортиментного плана при распиле используется дополнительная процедура виртуальной пересортиментации стволов в базе данных.

Эти алгоритмы позволяют рассчитывать сортиментные и товарные таблицы для сплошных рубок и рубок ухода с применением нормативов для интенсивной модели. При разработке таких таблиц по рубкам ухода учитывается типовая технология проведения таких рубок по интенсивной модели и особенности построения нормативов по рубкам ухода по интенсивной модели.

Из-за очень большого объема и времени вычислений все алгоритмы и параметры проходят специальную оптимизацию по соотношению точности результатов и времени расчетов.

Ниже в качестве иллюстрации применения моделей приведены результаты расчетов для различных насаждений и сортиментных планов (рис. 3-5). Эти иллюстрации

показывают высокую устойчивость моделей и высокое влияние изменения таксационных характеристик насаждений и сортиментных планов на выход сортиментов.

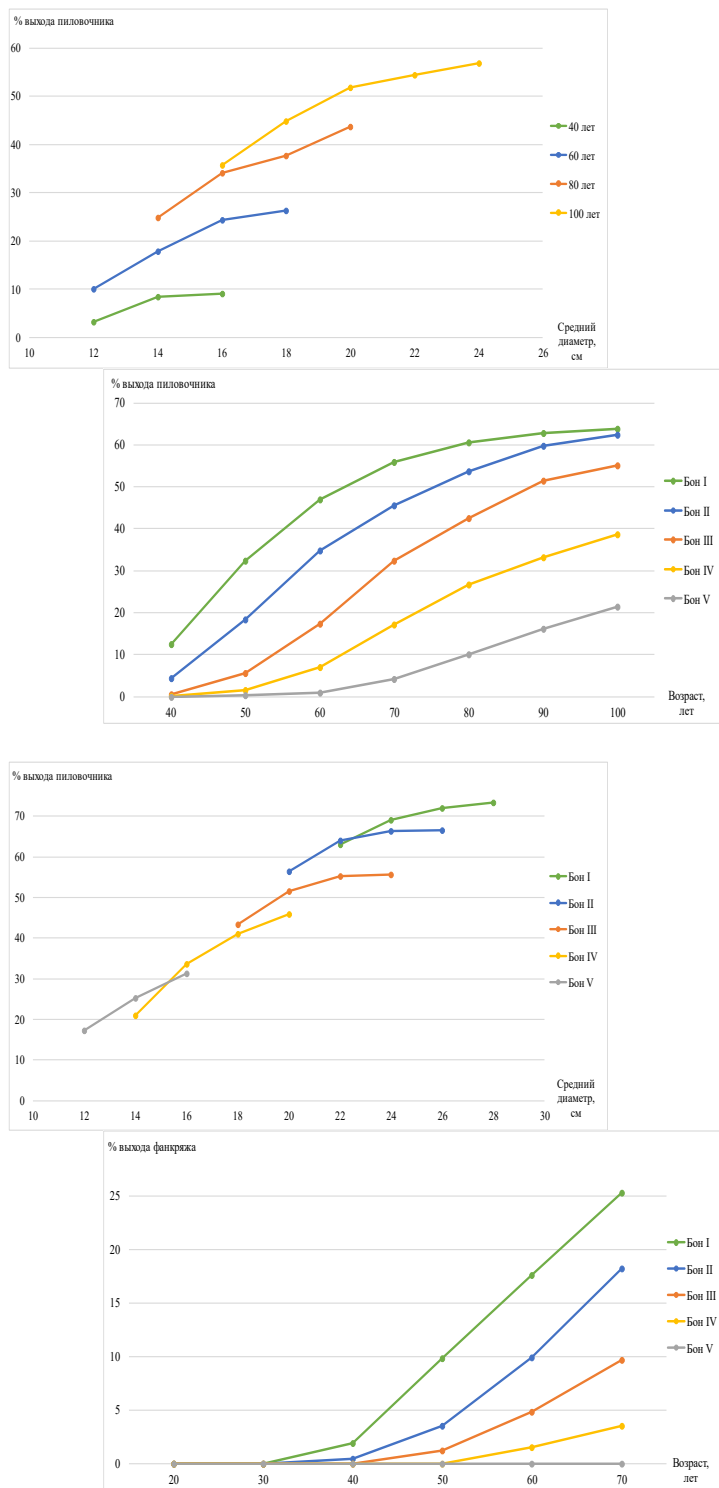


Рис. 3. Примеры результатов товаризации древостоев по разработанной модели – зависимости выхода пиловочника и фанкряжа от таксационных характеристик насаждений (Архангельская обл.)

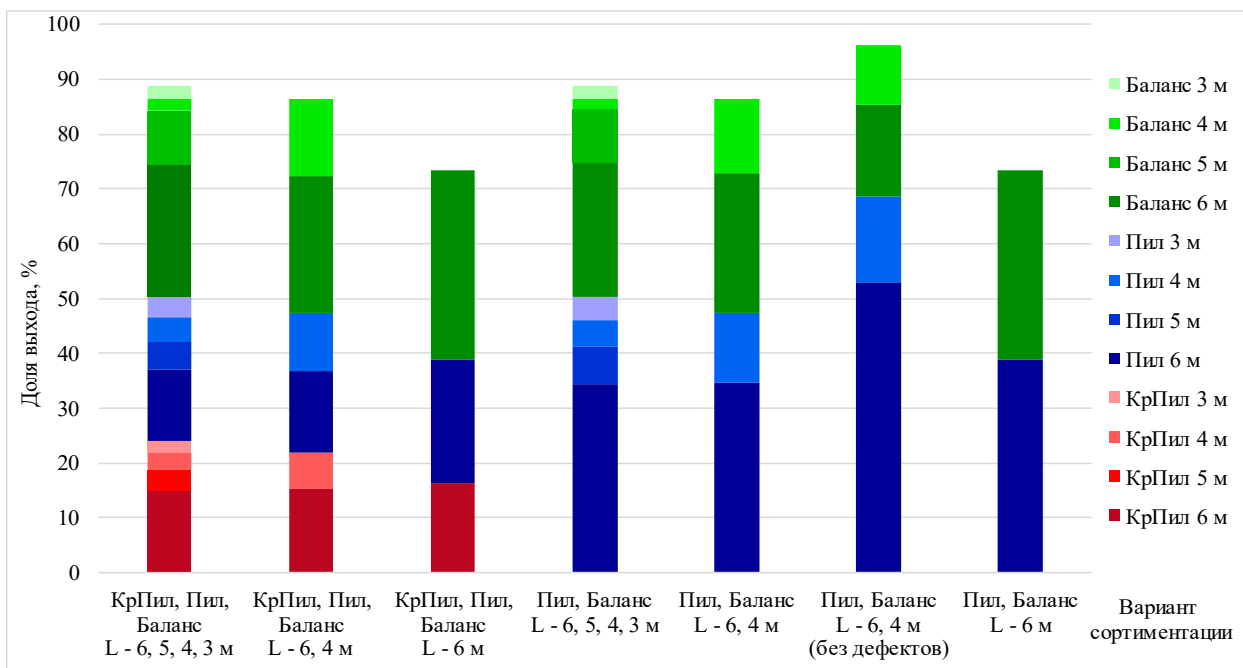


Рис. 4. Выход сортиментов по различным сортиментным планам для насаждения ели (бонитет III, возраст – 80 лет, средний диаметр – 18,7 см, средняя высота – 18,6 м) (Архангельская обл.)

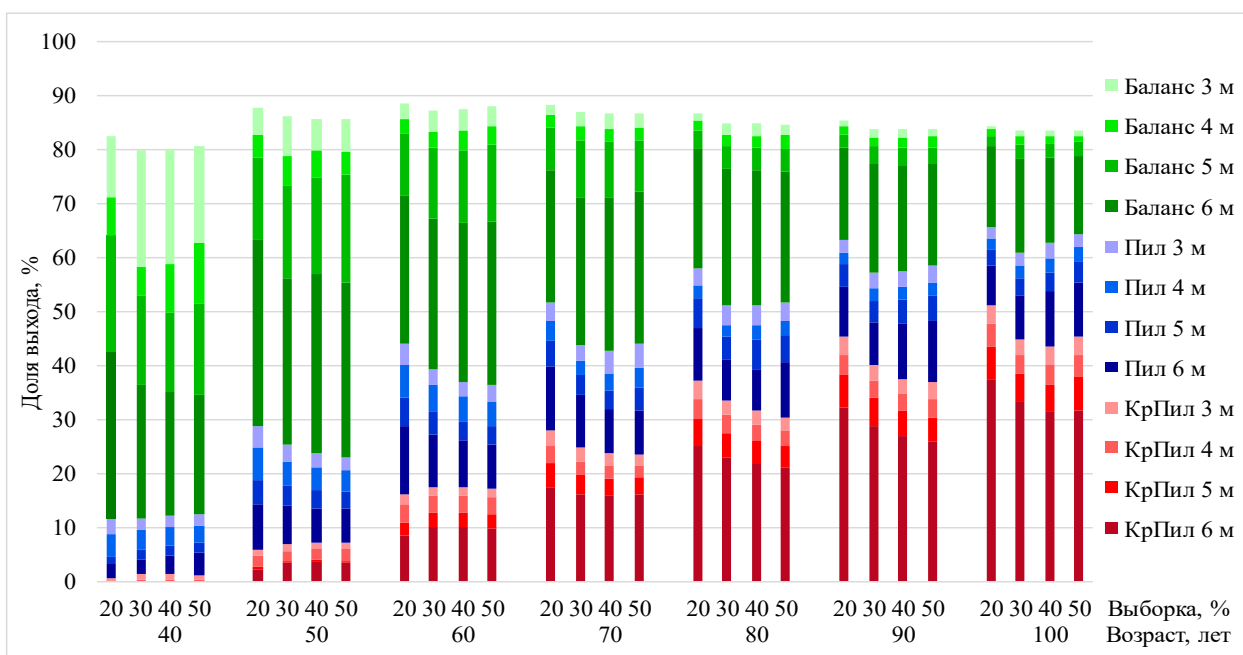


Рис. 5. Выход сортиментов насаждений ели II бонитета для сценария сортиментного плана (3 вида сортиментов, 4 длины) для различных вариантов интенсивности выборки и возраста насаждения (Архангельская обл.)

Преимущества нового подхода

- Очень низкие затраты на сбор данных, поскольку исключаются все полевые работы. Как правило, данные о фактической заготовке на делянке в компаниях хранятся в централизованных базах данных с целью учета и контроля работ. Если таких баз данных нет, тогда период сбора данных может занимать более длительное время по мере вырубке делянок. Существенным требованием при сборе данных является высокая точность таксационных характеристик при

отводе делянок, поскольку ошибки в таких данных приводят к снижению точности применения моделей.

- Короткое время цикла получения результата (до нескольких месяцев). Если данные о делянках и фактическом распиле получаются из централизованных баз данных, то весь цикл работ до получения сортиментных и товарных таблиц или других экономических оценок с учетом сортиментации насаждений может составлять только несколько месяцев. При стандартной методике и высоких затратах на нее, как правило, это в течение одного года или нескольких лет. С точки зрения оперативности выполнения таких работ важным является то, что они не привязаны к сезону полевых работ и полный цикл может выполняться на любом отрезке времени в течение года.
- Высокая точность результатов работ связана с возможностью использования очень большого числа данных о фактическом распиле, а также применения специальных алгоритмов по определению деревьев-представителей и поиску похожих деревьев для сортиментации в заданных условиях. Такой подход позволяет нивелировать ошибки и возможную неоднородность исходных данных. Также возможно увеличение точности таблиц и их детальности по территории за счет постепенного добора данных с харвестеров с новых делянок.
- Поскольку с содержательной точки зрения основным продуктом являются модели товаризации насаждения с произвольными характеристиками, то возможна очень высокая детальность получения таблиц по диаметрам и высотам, превышающая стандартные требования.
- Учет очень широкого диапазона сортиментных планов как действующих, так и перспективных. Такой подход особенно эффективен, если необходимо оптимизировать для максимального выхода нужных сортиментов распил насаждений разных таксационных характеристик и подбирать наилучший сортиментный план для каждого отдельного насаждения.
- Возможность проводить товаризацию и создавать сортиментные и товарные таблицы, как для сплошных, так и выборочных рубок, включая рубки ухода в соответствии с нормативами интенсивной модели.
- Товаризация насаждений или целиком лесного фонда может проводиться как с применением таблиц, так и напрямую с применением моделей.
- Модели товаризации могут быть оптимизированы для нужд компаний в соответствии с их текущими и перспективными сортиментными планами и интегрированы в их информационные системы и системы планирования и учета.
- Масштабирование (такие таблицы и модели могут быть сделаны не только для лесотаксационных регионов, но и для арендных территорий компаний или даже их отдельных частей с учетом специфики лесопользования компании).

*E-mail автора для переписки: nioles@spb-niilh.ru

Литература

1. Концепция интенсивного использования и воспроизводства лесов / ФБУ «СПбНИИЛХ». – СПб. : ФБУ «СПбНИИЛХ», 2015. – 16 с.
2. Третьяков, Н.В. Справочник таксатора / Н.В. Третьяков, П.В. Горский, Г.Г. Самойлович. – М.–Л. : Гослесбумиздат, 1952. – 853 с.
3. Мошкалев, А.Г. Сортиментные и товарные таблицы для древостоев Северо-Запада РСФСР / А.Г. Мошкалев и др. – Л. : ЛенНИИЛХ, 1978. – 84 с.
4. Мошкалев, А.Г. Лесотаксационный справочник по Северо-Западу СССР / А.Г. Мошкалев, Г.М. Давидов, Л.Н. Яновский, В.С. Моисеев, Д.П. Столяров, Ю.И. Бурневский. – Л. : ЛТА, 1984. – 320 с.
5. Мошкалев, А.Г. Таксация товарной структуры древостоев / А.Г. Мошкалев и др. – М.: Лесная промышленность, 1982. – 157 с.

6. Мошкалев, А.Г. Научные основы таксации товарной структуры древостоев : дис. ... д-ра. с.-х. наук: 06.03.32 / Мошкалев Александр Георгиевич. – Л., 1974. – 396 с.

DOI 10.21178/160524.283

УДК 712.25(075.32)

Изучение условий озеленения и ландшафтного обустройства улицы Серова в г. Казани

© А.М. Сабиров*, Э.Н. Хазыров, А.Ю. Николаев, К.А. Охезина

Казанский ГАУ, ул. К. Маркса, д. 65, г. Казань, 420015, Российская Федерация

В статье рассматривается улица Серова, расположенная в Московском районе Казани, для благоустройства территории. Была предпринята попытка изучить улицу Серова с точки зрения ее истории и значения этой улицы для населения, проживающего в этом районе. В результате всего вышеизложенного можно сделать выводы о пригодности территории для проведения работ по благоустройству и озеленению бульвара. Проектом предусмотрено формирование комфортных пешеходных связей, прогулочных зон и функциональной насыщенности территории.

The article considers Serov Street, located in the Moskovsky district of Kazan, for landscaping. An attempt was made to study Serov Street from the point of view of its history and the significance of this street for the population living in this area. As a result of all the above, it is possible to draw conclusions about the suitability of the territory for landscaping and landscaping of the boulevard. The project provides for the formation of comfortable pedestrian connections, walking areas and functional saturation of the territory.

В настоящее время более острыми становятся проблемы создания экологически чистых городов. Задачами благоустройства городов являются создание здоровых и благоприятных условий жизни городского населения. В решении этих задач все большее значение приобретают внешнее благоустройство, функционально-пространственная структура и оборудование открытых территорий, ландшафтный дизайн [2, 3].

Все населенные места, включая объекты озеленения, создаются в соответствии с разработанными проектами детальной их планировки и застройки. В проект застройки населенного места входят различные материалы, в которых установлены мероприятия по выбору территории населенного места, его размещение и площадь, определен характер архитектурно-планировочного решения застройки, благоустройства, а также планомерного озеленения [1, 4].

Основными факторами, влияющими на создание систем озеленения в городах и поселках, принято считать социальные, природно-климатические и градостроительные. В основе планировочной структуры населенного места лежат социальные функции, составляющие и определяющие труд, быт и отдых населения, его движение [5, 6, 7].

Улица Серова расположена в Московском районе г. Казани. Площадь зелёных насаждений составляет всего лишь 20% от требуемой нормы, в основном дефицит зелёных зон испытывают районы многоэтажных застроек.

Как и большинство больших городов, Казань имеет загрязнённый воздух и воду в окружающих и протекающих по её территории реках – Казанке и Волге, а также озёрах, расположенных в городской черте (верхнее, среднее и нижнее озеро Кабан). Однако город является единственным в России мегаполисом, который полностью перерабатывает свои

отходы. Казань не входит в число российских городов, имеющих крайне неблагоприятную экологическую обстановку.

Московский район является одним из крупных промышленных районов г. Казани. Удельный вес Московского района составляет 27 % от промышленных объёмов города. Промышленные предприятия района представляют различные отрасли экономики, но ведущей является химическая отрасль – 80 % выпуска продукции. При этом 70 % выпускаемой на территории района промышленной продукции приходится на мощности ОАО «Казаньоргсинтез», являющегося бюджетообразующим предприятием для г. Казани и важным стратегическим объектом для Республики Татарстан, на котором трудится более 9000 человек. В целях дальнейшего создания благоприятных условий для развития малых и средних компаний нефтехимической отрасли республики в Московском районе, на базе предприятия по производству фотоматериалов «Тасма», успешно развивается Технополис «Химград», на территории которого расположено более 70 профильных предприятий. После выхода на проектную мощность ожидаемое число резидентов возрастет до 200, с общим количеством работников 10000 человек.

На территории района расположено 353 стационарных предприятий торговли (2 гипермаркета, 10 торговых центров, 19 продуктовых универсамов, 27 промышленных универсамов, 97 продмагазинов, 156 проммгазинов, 42 минимаркета) и 243 объекта мелкорозничной сети. Торговая площадь предприятий торговли составляет 130239,0 м².

В районе функционирует 181 объект общественного питания (количество посадочных мест – 3402 ед.), из них – 45 ресторанов и кафе, 97 столовых, в том числе на промпредприятиях.

Осуществляют деятельность 170 объектов бытового обслуживания, 39 аптек и аптечных пунктов, 24 предприятий связи и салонов сотовой связи.

В районе находится 19 объектов здравоохранения; 18 объектов культуры – 5 Дворцов и Домов культуры, 11 библиотек, 2 детские музыкальные школы; 16 подростковых клубов; 189 объектов спорта, в том числе 8 спортивных школ; 21 школы, 41 детских сада. В справочнике «Казань: где эта улица, где этот дом?» указывается, что улица названа в честь живописца Валентина Серова. В районе улицы Серова (рис.) рядом живут около 600 детей. Сейчас в округе для них есть всего 5 детских площадок, 3 из которых уже изношены. А еще есть множество учреждений для детей: библиотека, музыкальная школа, французская гимназия №9. И они каждый день пересекают к улице Серова.



Рис. Улица Серова в г. Казани

На улице расположены две остановки общественного транспорта, обе с названием «Серова»: автобусная и трамвайная. Общественный транспорт начал ходить по улице с 2000-х годов.

Тут же, неподалеку, находится реабилитационный центр «Ярдэм» для людей с инвалидностью. В прошлом августе для них здесь открыли специализированный спортивный комплекс «Дан», где могут заниматься и дети, и взрослые. В двухэтажном здании площадью 1,2 тыс. кв. метров ежедневно могут тренироваться 500 человек, включая паралимпийцев по 15 видам спорта.

Полоса внешне бесхозной территории тянется по улице Серова от мечети «Ярдэм» до улицы Восход. Ее ширина – около 62 метров, длина порядка полукилометра. Местные жители рассказывают, что когда-то здесь стоял поселок. Его снесли, участок заболотился. И лиц без определенного места жительства, и подвыпивших горожан, выходящих из находящегося здесь магазина-шашлычной, в зарослях встречали нередко. Чуть больше шести лет назад болото планировали засыпать ради расширения дороги. Тогда же заявляли, что водоем по сути является канализационным стоком, который идет из Авиастроительного района. Местные жители говорят, что летом он неприятно пахнет. Однако горожане водоем отстояли. Еще в 2017 году сотрудники районной администрации говорили, что хотели бы видеть на этом месте сквер. Но инвестора так и не нашли.

В ходе исследования были рассмотрены природно-климатические условия, географическое расположение г. Казани, степени благоустройства Московского района г. Казани. Согласно данным сейчас в районе около 166 тысяч человек трудятся на почти 24 тысячах предприятиях, обеспечивая их бесперебойную работу и поддерживая экономику г. Казани.

Улица Серова находится в Московском и Кировском районах Казани имеет два начала, друг от друга на расстоянии 0,5 км: одно - от улицы Шамиля Усманова в районе «разъезда Восстания», и второе — от улицы Кулахметова.

В результате всего вышесказанного, можно сделать выводы о пригодности территории к проведению мероприятий по озеленению и благоустройству бульвара. Проектом предусмотрено формирование комфортных пешеходных связей, прогулочных зон и функциональное насыщение территории.

*E-mail автора для переписки: sabairat@mail.ru

Литература

1. Волченкова, Г.А. Системы озеленения населенных мест: тексты лекций для студентов специальности 1-75 02 01 «Садово-парковое строительство» / сост. Г.А. Волченкова. – Минск : БГТУ, 2022. – 342 с.

2. Поршакова, А.Н. Благоустройство и озеленение населенных пунктов : учеб.пособие / А.Н. Поршакова, М.С. Акимова. – Пенза : ПГУАС, 2016. – 156 с.

3. Сабиров, А.М. Ландшафтная организация природного заказника регионального значения комплексного профиля «Голубые озера» / А.М. Сабиров, А.В. Соболева // Сборник статей по материалам межрегиональной студенческой научной конференции, посвященной 135-летию начала подготовки кадров для лесной отрасли в первом Мензелинском лесничестве, 105-летию создания высшей школы подготовки кадров для лесной отрасли в Республике Татарстан и 20-летию со дня образования факультета лесного хозяйства и экологии. – Казань, 2023. – С. 209-215.

4. Сабиров, А.М. Ландшафтная организация парка имени Н.Н. Алтынова в городе Зеленодольске / А.М. Сабиров, К.В. Фехер // Сборник статей по материалам межрегиональной студенческой научной конференции, посвященной 135-летию начала подготовки кадров для лесной отрасли в первом Мензелинском лесничестве, 105-летию создания высшей школы подготовки кадров для лесной отрасли в Республике Татарстан и 20-летию со дня образования факультета лесного хозяйства и экологии. – Казань, 2023. – С. 244-249.

5. Сабиров, А.М. Ландшафтное обустройство базы отдыха в юго-восточной части зеленой зоны г. Казани / А.М. Сабиров, Д.А. Тойкин // Сборник статей по материалам межрегиональной студенческой научной конференции, посвященной 135-летию начала подготовки кадров для

лесной отрасли в первом Мензелинском лесничестве, 105-летию создания высшей школы подготовки кадров для лесной отрасли в Республике Татарстан и 20-летию со дня образования факультета лесного хозяйства и экологии. – Казань, 2023. – С. 216-221.

6. Сабилов, А.М. Оценка антропогенного воздействия на парк культуры и отдыха города Канаш Чувашской Республики / А.М. Сабилов, А.Р. Мухаметшина, А.Ю. Албутова // В сборнике: Продуктивность лесов и биологическое разнообразие природных ландшафтов : Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Казань : Казанский аграрный университет. Факультет лесного хозяйства и экологии, 2016. – С. 96-99.

7. Теодоронский, В.С. Озеленение населенных мест с основами градостроительства : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В.С. Теодоронский, В.И. Горбатова, В.И. Горбатов. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 128 с.

DOI 10.21178/160524.287

УДК 577.2.08:582.632.1

Разработка молекулярного маркера для выявления «узорчатой» древесины на ранних этапах роста березы карельской (*Betula pendula* var. *carelica*)

© Е.Д. Сафроничева^{1,2,3}, Д.С. Каржаев^{1,2}, В.А. Волков^{1,2}, Р.Ф. Губаев¹, Л.В.
Ветчинникова⁴, А.В. Жигунов¹, Е.К. Потокина^{1,2}

¹Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Санкт-Петербург
194021, Санкт-Петербург, Институтский пр., д. 21

²Санкт-Петербургский лесотехнический университет, Санкт-Петербург
194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5

³Университет ИТМО, Санкт-Петербург
197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49

⁴КарНЦ РАН, Республика Карелия
185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, д. 11

Данный проект направлен на разработку молекулярных маркеров, которые могут детектировать целевой признак («узорчатую» древесину) у карельской березы (*Betula pendula* var. *carelica*). Для разработки маркеров было подготовлено 2 генетические библиотеки, состоящие из 192 образцов, собранных в Медвежьегорском лесничестве. Библиотеки просеквенированы на Illumina NovaSeq 6000. Выявлено 8 однонуклеотидных мутаций (SNP), которые ассоциированы с признаком «узорчатость древесины». Для одного из SNP разработан молекулярный маркер, который методом ПЦР позволяет детектировать генотип, который ведет к образованию необычного признака. Исследование выполнено при поддержке РФФ (грант № 22-16-00096).

This project aims to develop molecular markers that can detect the target trait ("patterned" wood) in Karelian birch (*Betula pendula* var. *carelica*). For marker development, 2 genetic libraries consisting of 192 samples collected from the Medvezhyegorsk forestry were prepared. The libraries were sequenced on Illumina NovaSeq 6000. Eight single nucleotide mutations (SNPs) were identified that are associated with the trait "wood patterning". A molecular marker was developed for one of the SNPs, which by PCR allows detection of the genotype that leads to an unusual trait. The study was supported by RNF (grant No. 22-16-00096).

Древесина карельской березы (*Betula pendula* var. *carelica*) всегда ценилась за свои декоративные качества. Деформация годовичных колец приводит к формированию витиеватых узоров, которые эффектно смотрятся в декоративных изделиях и мебели. При создании плантаций, на которых можно было бы выращивать эту уникальную разновидность березы, невозможно предсказать при посадке, какой процент саженцев будет обладать «узорчатым» фенотипом. Это можно выяснить лишь по достижении деревьями 8-10-летнего возраста, когда на стволе и ветвях начинают формироваться характерные изгибы и наросты. При этом некоторые экземпляры карельской березы могут внешне не отличаться от березы повислой. Эти проблемы при целевом выращивании карельской березы можно минимизировать, если разработать генетический маркер,

которых на ранних этапах роста саженца поможет определить, имеет ли он необходимый для формирования специфичной древесины генотип.

Для разработки молекулярного маркера необходимо идентифицировать гены и мутации в генах, которые ассоциированы с проявлением нужного признака. В нашей работе для этой цели были отобраны образцы карельской березы с плантациях Медвежьегогорского лесничества (Р. Карелия) и составлены таблицы описания фенотипов. Всего был отобран 201 образец, среди которых 132 с «карельским» фенотипом. Были подготовлены две RADseq библиотеки, содержащие пробы ДНК 192 растений. Конструирование библиотек проводилось с использованием рестриктаз *HindIII* и *NlaIII*. Секвенирование двух библиотек (каждая библиотека по 96 растений) производили на двух независимых дорожках секвенатора Illumina NovaSeq 6000. Для секвенирования использовали парные прочтения длиной 150 н.п. Совокупное количество прочитанных оснований (н.п.) составило 573 гигабаз.

В ходе анализа полученных прочтений было идентифицировано 8 SNP (однонуклеотидных мутаций) на 10-й хромосоме, которые оказались сцеплены с признаком «узорчатой» древесины. Один из этих SNP S10_3465040, объясняющий самый высокий процент наблюдаемой изменчивости (56,28 %), был верифицирован путем амплификации участка ДНК, содержащий этот SNP, с последующим секвенированием по Сэнгеру. В результате валидации маркера S10_3465040 в амплифицированном фрагменте, кроме SNP, были также выявлены вставки-делеции длиной 2, 13 и 54 нуклеотидов. Делеция в 54 нуклеотидов наглядно детектируется с помощью простой ПЦР, в изучаемой выборке она оказалась сцепленной с фенотипом «узорчатости». Для 174 деревьев из 190, протестированных с помощью ПЦР на наличие этой делеции (92 %), маркерная диагностика совпала с фенотипической оценкой. По нашим сведениям, это первый молекулярный маркер, предложенный для идентификации генотипов карельской березы с узорчатой древесиной.

Таким образом, нами был предложен молекулярный маркер, который позволяет выявлять мутации, ассоциированные с «узорчатостью» древесины карельской березы и может быть использован при создании плантаций этой ценной древесной породы.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ (грант № 22-16-00096).

*E-mail автора для переписки: esafronycheva@mail.ru

DOI 10.21178/160524.289

УДК 630.3

Производственная оценка влияния количественных характеристик состава древостоя на элементы времени цикла работы харвестера

© Т.В. Сергеева

*ФГБОУ ВО Поволжский государственный технологический университет,
пл. Ленина, 3, Йошкар-Ола, 424000, Россия*

В статье представлены результаты экспериментальных наблюдений за работой лесозаготовительного харвестера Silvatec 8266 TH. Целью эксперимента являлся анализ влияния количественных характеристик вырубемого древостоя на отдельные элементы времени работы лесозаготовительной машины. Получены результаты, свидетельствующие о том, что показатели, характеризующие запас леса на лесосеке и долю вырубемого числа деревьев из общего запаса леса оказывают влияние на время перемещения харвестера в расчете на одно дерево, время наведения манипулятора на деревья и время подтаскивания их в зону обработки.

The article presents the results of experimental observations of the operation of the logging harvester Silvatec 8266 TH. The purpose of the experiment was to analyze the influence of quantitative characteristics of the felled stand on individual elements of the logging machine's operating time. The results obtained indicate that the indicators characterizing the forest stock in the cutting area and the proportion of the felled number of trees from the total forest stock affect the time of movement of the harvester per tree, the time of pointing the manipulator at the trees and the time of dragging them into the processing zone.

В настоящее время при выборе лесозаготовительной техники внимание лесозаготовителей зачастую падает на лесозаготовительные харвестеры [2, 5, 9, 10, 15, 18]. Нормативные показатели, характеризующие производительность и трудозатраты на выполнение работ харвестерами в настоящее время отсутствуют и для анализа этих показателей используются математические зависимости [6, 7, 13, 14, 19] и имитационные модели [1, 3, 4, 12, 16].

Хорошо известно, что производительность любой лесозаготовительной техники, в том числе и лесозаготовительного харвестера, зависит от множества факторов окружающей природной среды. Когда дело доходит до выборочных рубок, перемещения машины, задействованной на валке обрезке сучьев и раскряжевке должны производиться с минимальным повреждением оставляемых деревьев. Многие исследования, в которых анализируется влияние этих факторов на эффективность лесозаготовительных машин, сосредоточены на объемных измерениях собранных деревьев, но не учитывают количество деревьев на гектар или влияние прореживания древостоя во время лесозаготовительных работ. Наибольшую эффективность при анализе влияния природных факторов на работы лесозаготовительных машины показывает имитационное моделирование технологических процессов [8, 11, 17, 20]. Однако при создании любой имитационной модели, проверке ее результатов и вводе исходных данных для ее

функционирования не обойтись без сбора обоснованных производственных показателей. Найти которые можно лишь в ходе производственных экспериментов.

С целью анализа влияния количественных характеристик вырубаемого древостоя на отдельные элементы времени работы лесозаготовительной машины проведен производственный эксперимент с использованием харвестера Silvatec 8266 ТН.

Для производственного эксперимента было выделено два фактора: количество деревьев на гектаре (k_D) и доля вырубаемого компонента (k_i). Эти два фактора рассматривались на трех уровнях. Средний объем хлыста был равен $0,4 \text{ м}^3$. План и результаты эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты производственного эксперимента

Номер пасеки	Факторы		Результаты эксперимента			
	k_D	k_i	$P_{ч}$	$t_{нав}$	$t_{подт}$	$t_{пер}$
Пасека 1	$k_{D1}=200$	$k_{i1}=0,2$	$P_{ч1}=10,9$	$t_{нав1}=10,5$	$t_{подт1}=8,5$	$t_{пер1}=34,3$
Пасека 2	$k_{D1}=200$	$k_{i2}=0,6$	$P_{ч2}=14,1$	$t_{нав2}=12,9$	$t_{подт2}=9,9$	$t_{пер2}=13,8$
Пасека 3	$k_{D1}=200$	$k_{i3}=1,0$	$P_{ч3}=15,2$	$t_{нав3}=12,3$	$t_{подт3}=8,1$	$t_{пер3}=8,1$
Пасека 4	$k_{D2}=400$	$k_{i1}=0,2$	$P_{ч4}=13,4$	$t_{нав4}=10,8$	$t_{подт4}=9,6$	$t_{пер4}=20,1$
Пасека 5	$k_{D2}=400$	$k_{i2}=0,6$	$P_{ч5}=15,0$	$t_{нав5}=13,3$	$t_{подт5}=11,2$	$t_{пер5}=6,4$
Пасека 6	$k_{D2}=400$	$k_{i3}=1,0$	$P_{ч6}=15,9$	$t_{нав6}=12,7$	$t_{подт6}=9,3$	$t_{пер6}=3,7$
Пасека 7	$k_{D3}=600$	$k_{i1}=0,2$	$P_{ч7}=15,4$	$t_{нав7}=11,1$	$t_{подт7}=10,9$	$t_{пер7}=14,1$
Пасека 8	$k_{D3}=600$	$k_{i2}=0,6$	$P_{ч8}=16,2$	$t_{нав8}=13,8$	$t_{подт8}=11,9$	$t_{пер8}=4,1$
Пасека 9	$k_{D3}=600$	$k_{i3}=1,0$	$P_{ч9}=16,6$	$t_{нав9}=13,2$	$t_{подт9}=9,7$	$t_{пер9}=2,5$

Чтобы убедиться, что на пасеках находится необходимое количество деревьев для эксперимента, мы провели предварительное прореживание пасек. Харвестер проехал по технологическим коридорам, проложенным с обеих сторон каждой пасеки, и выборочно вырубил деревья на них. После того, как мы закончили подготовку одной пасеки для нашего эксперимента, мы приступили к эксперименту, при котором харвестер двигаясь волоку посередине пасеки выполнял работы по валке и обработке деревьев. Таким образом были проведены работы на 9 пасеках (рис. 1).

В ходе эксперимента фиксировались: $P_{ч}$ – часовая производительность харвестера, $\text{м}^3/\text{ч}$; $t_{нав}$ – среднее время наведения манипулятора на дерево, сек; $t_{подт}$ – среднее время перемещения дерева в зону обработки, сек; $t_{пер}$ – среднее время перемещения машины между рабочими позициями, сек.

В результате статистического анализа выявлено, что в каждом случае расчетные значения критерия Фишера превышают табличные критические значения этого показателя. Это говорит о том, что факторы, которые мы рассмотрели (k_D , k_i), оказывают значительное влияние на все анализируемые объемные ($P_{ч}$) и временные ($t_{нав}$, $t_{подт}$, $t_{пер}$) показатели.

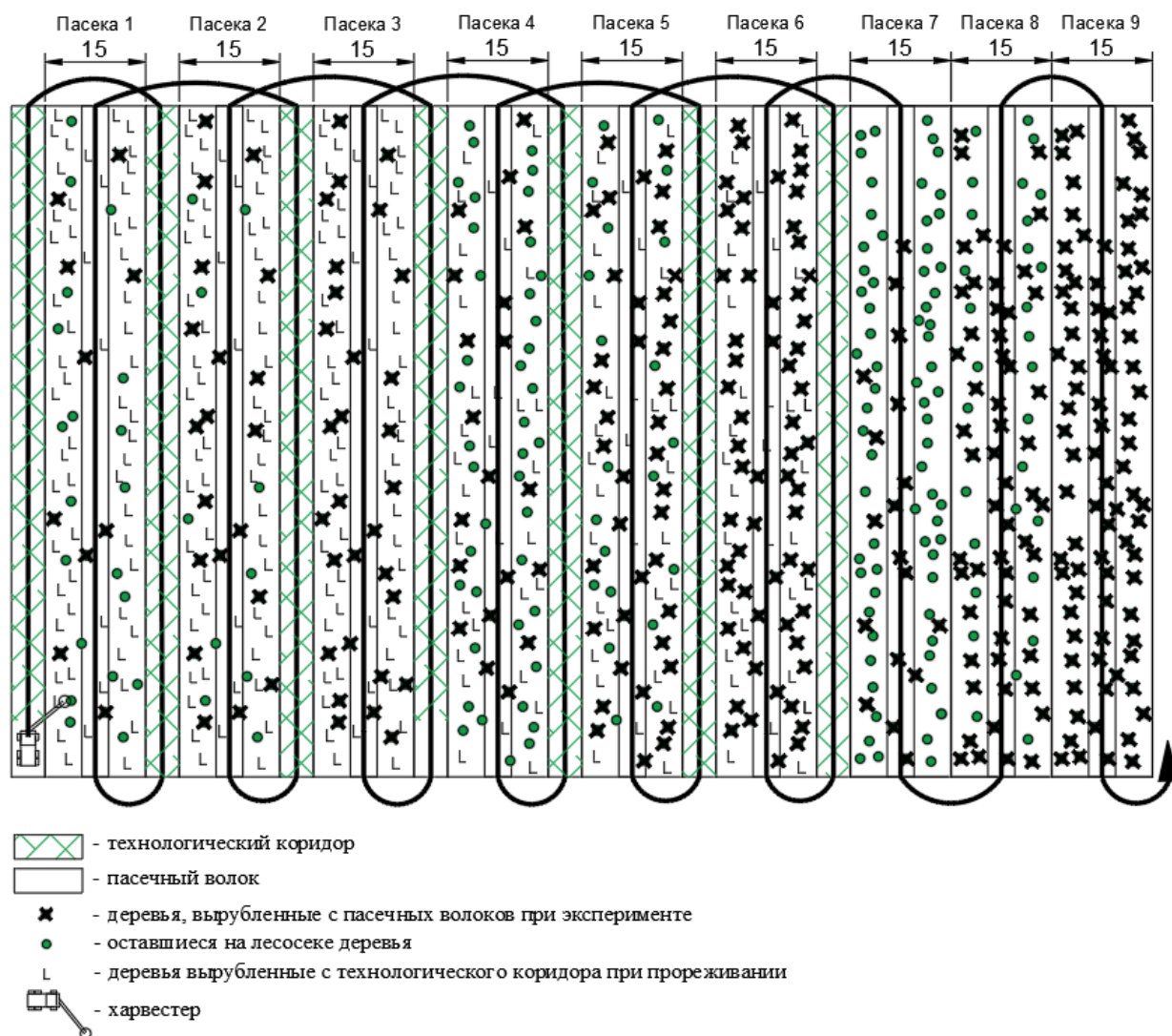


Рис.1. Схема реализации эксперимента

Анализируя результаты эксперимента, включающего время наведения манипулятора на дерево, можно заметить, что по мере увеличения доли вырубаемой древесины затраты времени увеличиваются. Таким образом, при удалении лишь 20 % деревьев, они в основном срезаются перед харвестером на пасечных волокнах, а это означает, что манипулятор необходимо реже перемещать из с одной стороны пасеки на другую и сокращается время, необходимое для направления манипулятора к дереву. По мере увеличения доли заготавливаемой древесины увеличивается и количество деревьев, срубленных на полупасаках. Каждое дерево, срубленное полупасаке, затем должно быть перенесено на участок обработки ствола, находящийся по другую сторону волокна по отношению к месту первоначального размещения растущего дерева. При этом требуется больше времени, чтобы навести захват на дерево, растущее на полупасаке, чем на дерево, растущее на волокне. В результате расстояние, которое необходимо преодолеть манипулятору при обработке деревьев на полупасаках, увеличивается как при перемещении ствола, так и при наведении манипулятора на следующее дерево. Чем больше количество деревьев, срубленных на полупасаках, по сравнению с числом деревьев, срубленных на волокне, тем больше трудозатраты. Однако эта зависимость не является линейной, так как при непрерывном отслеживании траектории движения манипулятора можно заметить, что при 100 процентной вырубке древостоя она становится ближе к прямой линии, а в результате требуется меньше времени для анализа каждого следующего дерева.

Чем плотнее древостой, тем труднее оператору определить направление, в котором должно упасть дерево, и, следовательно, тем больше времени требуется для анализа ситуации при наведении манипулятора на дерево.

Анализ результатов экспериментов по времени, затрачиваемому на перемещение упавшего дерева, показывает, что с увеличением плотности древостоя оператору машины становится все сложнее маневрировать с упавшим деревом, не нанося ущерба другим деревьям в этой рабочей площадке.

С увеличением доли выборки при выборочной рубке увеличивается процент деревьев, собранных с полупасек, по сравнению с деревьями, собранными с пасечного волока. Трудозатраты на перемещение поваленных деревьев с полупасек для обеспечения сохранности оставшихся деревьев для восстановления значительно выше по сравнению с перемещением деревьев, срубленных на волоке. Кроме того, при выборочной рубке обеспечение сохранности оставшихся деревьев требует дополнительных перемещений не только манипулятора, но и машины при транспортировке их в зону обработки, что приводит к увеличению времени, необходимого для завершения этой операции.

При 100 процентной вырубке леса выполнение этой работы занимает меньше времени, чем при выборочной рубке из-за большого расстояния между деревьями.

Доказательства того, что среднее время, необходимое для перемещения комбайна с одного рабочего места на другое в расчете на одно дерево, увеличивается по мере уменьшения количества вырубаемых деревьев и увеличения расстояния между деревьями, неоспоримы. В ходе эксперимента мы заметили, что при выборочной рубке леса для минимизации ущерба деревьям, оставленным для пересадки, оператору иногда приходится перемещать харвестер взад и вперед, одновременно перемещая манипулятор. Это приводит к тому, что машина преодолевает большее расстояние при движении вперед к следующему участку, и в целом общее расстояние, которое харвестер преодолевает при переходе между рабочими позициями, увеличивается. Таким образом, не только количество срубаемых деревьев влияет на время, необходимое для перемещения между точками, но и на количество деревьев, оставшихся стоять после рубки.

После всех производственных испытаний и анализа мы выяснили, что различные части цикла работы харвестера, такие как то, сколько времени требуется, чтобы направить манипулятор на дерево ($t_{нав}$), протащила поваленное дерево в зону раскряжевки ($t_{подт}$) и переместить машину между рабочими позициями ($t_{пер}$) - все зависят от конкретных факторов, которые мы рассматривали, таких как доля вырубаемого компонента древостоя (k_i) и общее количество деревьев на гектаре (k_d).

E-mail автора для переписки: sergeeva2010t@mail.ru

Литература

1. Rukomojnikov, K.P. Computer modeling to support management and organizational decisions in the use of a forest harvester / K.P. Rukomojnikov, T.V. Sergeeva, T.A. Gilyazova, V.P. Komisar // Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering, Dushanbe, 21–23 декабря 2021 года. – Dushanbe, 2022. – P. 122510P. – DOI 10.1117/12.2631137.
2. Rukomojnikov, K. A method for delimiting tree-trunks and a device for applying the method / K. Rukomojnikov, S. Vedernikov, M. Gabdrahmanov // Journal of Applied Engineering Science. – 2018. – Vol. 16, No. 2. – P. 263-266. – DOI 10.5937/jaes16-16442.
3. Рукомойников, К.П. Имитационное моделирование технологического процесса заготовки древесины на примере лесного харвестера / К.П. Рукомойников, Т.В. Сергеева, Т.А. Гилязова [и др.] // Лесной вестник / Forestry Bulletin. – 2023. – Т. 27, № 3. – С. 69-80. – DOI 10.18698/2542-1468-2023-3-69-80.
4. Рукомойников, К.П. Компьютерная симуляция разработки лесосек с использованием валочно-сучкорезно-раскряжевочных машин / К.П. Рукомойников, Т.В. Сергеева, Т. А. Гилязова [и др.] // Системы. Методы. Технологии. – 2022. – № 2(54). – С. 108-113. – DOI 10.18324/2077-5415-2022-2-108-113.

5. Рукомойников, К.П. Модернизация валочно-сучкорезно-раскряжевочного механизма лесного харвестера / К.П. Рукомойников, Е.М. Царев, С.Е. Анисимов [и др.] // Известия вузов. Лесной журнал. – 2022. – № 3(387). – С. 130-138. – DOI 10.37482/0536-1036-2022-3-130-138.
6. Мохирев, А.П. Моделирование структуры лесотранспортных потоков / А.П. Мохирев, К.П. Рукомойников. – Йошкар-Ола : ПГТУ, 2022. – 396 с. – ISBN 978-5-8158-2263-4.
7. Ширнин, Ю.А. Обоснование технологических параметров лесосек и режимов работы лесозаготовительных машин / Ю.А. Ширнин, К.П. Рукомойников, Н.И. Роженцова, А.Ю. Ширнин; Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 250400 (656300) «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» подготовки дипломированного специалиста по специальности 250401 «Лесоинженерное дело». – Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2009. – 168 с. – ISBN 978-5-8158-0690-0.
8. Рукомойников, К.П. Отдельные особенности имитационного моделирования технологического процесса вывозки древесины / К.П. Рукомойников, А.П. Мохирев, С.О. Медведев, Е.Ю. Дербенева // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – № 10(112). – С. 104-107.
9. Мохирев, А.П. Оценка надежности лесозаготовительного харвестера / А.П. Мохирев [и др.] // Лесной вестник / Forestry Bulletin. – 2022. – Т. 26, № 5. – С. 93-101. – DOI 10.18698/2542-1468-2022-5-93-101.
10. Рукомойников, К.П. Модернизация сучкорезного ножа харвестерной головки / К.П. Рукомойников, С.В. Ведерников // Известия вузов. Лесной журнал. – 2019. – № 1(367). – С. 120-127. – DOI 10.17238/issn0536-1036.2019.1.120.
11. Рукомойников, К.П. Имитационное моделирование взаимосогласованной работы комплектов адаптивно-модульных лесных машин / К.П. Рукомойников // Лесной вестник / Forestry Bulletin. – 2013. – № 3. – С. 154-158.
12. Рукомойников, К.П. Результаты имитационного моделирования технологических процессов выполнения лесосечных работ на территории лесного квартала / К.П. Рукомойников // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1 – С. 410.
13. Рукомойников, К.П. Обоснование норм расхода топлива многооперационных лесозаготовительных машин на примере харвестера / К.П. Рукомойников, В.О. Купцова // Известия вузов. Лесной журнал. – 2020. – № 3(375). – С. 117-127. – DOI 10.37482/0536-1036-2020-3-117-127.
14. Рукомойников, К.П. Выбор рациональной технологии и обоснование параметров поквартального освоения лесных участков / К.П. Рукомойников. – Йошкар-Ола : ПГТУ, 2016. – 296 с. – ISBN 978-5-8158-1672-5.
15. Рукомойников, К.П. Модернизация конструкции механизма для очистки деревьев от сучьев многооперационными лесными машинами / К.П. Рукомойников, В.О. Купцова // Известия вузов. Лесной журнал. – 2021. – № 3(381). – С. 117-124. – DOI 10.37482/0536-1036-2021-3-117-124.
16. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022614531 РФ. Программа моделирования работы харвестера: № 2022613687: заявл. 16.03.2022; опублик. 23.03.2022 / К. П. Рукомойников, Т. В. Сергеева, Т. А. Гилязова [и др.]; заявитель ПГТУ.
17. Сергеева, Т.В. Результаты имитационного моделирования работы харвестера при выборочных рубках леса / Т.В. Сергеева, Т.А. Гилязова, К.П. Рукомойников // Лесной вестник / Forestry Bulletin. – 2024. – Т. 28, № 2. – С. 136–149. – DOI: 10.18698/2542-1468-2024-2-136-149.
18. Базаров, С.М. Системный анализ динамики работы харвестерной головки валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины (ХГ ВСРМ) / С.М. Базаров, Ю.И. Беленький, Ф.В. Свойкин [и др.] // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2021. – Вып. 235. – С. 150-164. – DOI 10.21266/2079-4304.2021.235.150-164.
19. Базаров, С.М. Системный анализ технологической эффективности производства сортиментов на базе ВСРМ / С.М. Базаров, Ю.И. Беленький, Ф.В. Свойкин [и др.] // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2020. – Вып. 233. – С. 177-188. – DOI 10.21266/2079-4304.2020.233.177-188.
20. Соколов, А.П. Имитационное моделирование производственного процесса заготовки древесины с помощью сетей Петри / А.П. Соколов, Е.В. Осипов // Лесотехнический журнал. – 2017. – Т. 7, № 3 (27). – С. 307-314. – DOI: 10.12737/article_59c2140d704ae5.63513712.

DOI 10.21178/160524.294

УДК 630*443.3

Поражение корневой губкой лесных культур сосны в Национальном парке «Нижняя Кама»

© И.К. Сингатуллин, Г.А. Петрова, Н.М. Ятманова

Казанский государственный аграрный университет; ул.К.Маркса, 65, г. Казань, 420015, Россия

Часть лесных культур в Национальном парке «Нижняя Кама» созданы на относительно бедных почвах. В типе леса сосняки мшистые сосна неустойчива из-за несоответствия ее биологии почвенным условиям, в них наблюдается поражение коревой губкой и раннее (в 30-40 лет) куртинное усыхание и распад древостоя. На месте отпада сосны появился подрост сосны и мягколиственных пород с участием дуба черешчатого в составе. Распределение по категориям высот зависит от местоположения: в центре площади поражения подрост крупный и средний, к периферии – средний и мелкий. Для монокультур сосны с наличием очагов корневой губки разработан способ ведения хозяйства, сущность которого заключается в постепенном переводе монокультур сосны в естественный смешанный, более устойчивый лес.

A part of forest cultures in the Nizhnyaya Kama National Park is established on relatively poor soils. In the forest type of mossy pine forests, pine is unstable due to the inconsistency of its biology with soil conditions, and in these forests the root sponge (*Heterobasidion annosum*) infestation and early (30-40 years) desiccation and stand decay are observed. Pine and soft-leaved species with the participation of petiole oak appeared in place of pine decline. The distribution of height categories depends on the location: in the center of the affected area the undergrowth is large and medium, to the periphery - medium and small. For pine monocultures with root sponge foci, a management method has been developed, the essence of which is the gradual conversion of pine monocultures into a natural mixed, more stable forest.

За последние 50 лет, особенно в 60-70 годы было широко распространено создание чистых густых культур сосны на неудобных землях. Два основных типа неудобных земель следует считать неблагоприятными для создания сосновых лесов. Первый тип – это участки с бедными песчаными почвами, бывшие под сельхозпользованием. Неблагоприятным фактором произрастания сосны в этих условиях является высокий фон инфекции корневой губки, поражение которой приводит к раннему (с 20–30 лет) усыханию и распаду древостоя сосны. Второй тип представляет собой лесные ландшафты и урочища на возвышенностях с маломощными дерново-карбонатными почвами, наиболее распространенными в лесостепи Татарстана. В этом типе сосна неустойчива из-за несоответствующих ее биологии почвенных условий. В них также наблюдается раннее (в 30–40 лет) усыхание и распад древостоя. В обоих типах условий распад носит очаговый характер, обусловленный в первом случае очаговым характером инфекции и развития болезни (корневой губки), во втором - неоднородностью структуры почвенного профиля и глубиной залегания плитняка [1-8].

По степени распада древостоев сосны и состоянию возобновления них выделено две категории насаждений. Первая из них – со слабой и средней степенью распада, когда

полнота древостоя остается еще высокой (0,85), количество живых деревьев составляет 80 %, а сухостойных – 20 %, естественное возобновление под пологом в виде самосева недостаточное. Вторая – сильной степени распада, низкой полноты (0,35), с количеством живых деревьев (40 %) меньше, чем сухостойных (60 %), с хорошим естественным возобновлением в количестве более 5 тыс. шт./га в виде подроста или второго яруса [9].

Лесничество «Национальный парк «Нижняя Кама» расположено в северо-восточной части Республики Татарстан на территории Елабужского, Тукаевского и Нижнекамского муниципальных районов и землях г. Елабуга. В лесном фонде Национального парка «Нижняя Кама» преобладают хвойные насаждения – 66,4 %, в т. ч. сосняки – 65,4 %, ельники – 0,7 %, незначительные площади занимает лиственница. По группам возрастов сосновые насаждения распределены равномерно – молодняки 30 %, средневозрастные – 29 %, приспевающие – 20 %, спелые и перестойные – 21 %. Часть лесных культур создано на относительно бедных почвах с песчаными почвами – по типу леса сосняки мшистые [10].

Цель исследования – оценка в НП «Нижняя Кама» состояния культур сосны различного возраста с целью определения зараженности корневой губкой и выработка рекомендаций по их реконструкции.

Объекты исследования

Исследование проведено на 6 объектах на участках Челнинского участкового лесничества – квартале 118 выделе 6, квартале 190, выделе 4, квартале 123 выдела 7, квартале 148, выделах 4 и 5, квартале 147, выделе 9. Челнинское участковое лесничество расположено в лесостепном районе европейской части РФ. На 3-х объектах – 1, 3 и 4 в чистых культурах сосны происходит усыхание из-за заражения деревьев сосны корневой губкой. пятый и шестой объекты представлены смешанными древостоями сосны естественного происхождения в возрасте спелости как эталон для формирования насаждения. На исследуемых объектах проведен сплошной пересчет деревьев по 2-сантиметровым ступеням толщины на пробных площадях и учетных отрезках с разделением деревьев по состоянию по «Шкале категорий состояния деревьев». На участках усыхания сосны было проведено обследование естественного возобновления на учетных площадках 5×5м.

Таксационные показатели объектов исследований приводятся в таблице 1.

Таблица 1

Основные таксационные показатели культур сосны на отведенных участках

№ объекта/ квартала, выдела	Состав древостоя	Возраст, лет	Тип леса/ ТЛУ	Отн. полнота	Запас, м ³		Средние		Класс бонитета
					на 1 га	на выделе	Д, см	Н, м	
1/кв. 148, выд. 4	10С	30	Смш/ А ₂	0,8	130	200	10	11	1
2/кв. 148 выд. 5	10С+Б	50	Смш/ А ₂	0,9	250	1080	14	18	1
3/кв. 188, выд. 6	10С	51	Смш/ В ₂	0,8	150	480	22	22	1
4/кв. 190, выд. 4	10С	52	Смш/ В ₂	0,8	160	512	16	15	I
5/кв. 147, выд. 9	9С1Е	100	Смш/ А ₂	0,7	340	440	32	28	1
6/кв. 123, выд. 7	5С1Е4Б	С, Е-125 Б - 100	Смш/ В ₂	0,5	240	360	36	28	1

Результаты исследований их анализ

На первом-четвертом объектах лесные культуры сосны на песчаных и супесчаных почвах были созданы по схеме смешения 3м*0.75м, количество деревьев около 5 тыс.шт./га.

На первом объекте в культурах сосны возрастом 30 лет на части площади начался распад культур вследствие заражения корневой губкой, исследование проведено на каждой части объекта отдельно. На участке без заражения по категориям состояния наибольшую долю по количеству составляют здоровые – 45,8 %, на долю свежего и старого сухостоя приходится 40 %. Категория состояния насаждения – сильноослабленное. Большое количество сухостоя приходится на ступени толщины 2-6 см, что связано с происходящей дифференциацией деревьев, когда отставшие на первом этапе роста растения в дальнейшем из-за отсутствия достаточного количества света погибают.

На площади, где начался распад культур из-за поражения корневой губкой, гибель деревьев после поражения корневой системы сосны происходит на всей площади, независимо от диаметра деревьев. Часть деревьев превратилась в валежник, часть сухостойных деревьев стоит на корню, деревья других категорий отсутствуют.

На месте отпада сосны появился подрост в основном мягколиственных пород распределение по категориям высот зависит от местоположения. В центре площади поражения подрост по категории состояния крупный и средний – появился раньше, к периферии участка большей частью средний и мелкий – он появился позже. Состав древостоя: 5Б4Ос1Кл+Д. Количество подроста 3553 шт./га. Распределение подроста неравномерное по площади, больше на площадях, где усыхание и распад древостоя уже произошел. Это свидетельствует, что смена древостоя будет происходить в течение длительного времени по мере отпада основного древостоя. Подрост сосны на данном участке отсутствует, имеется в небольшом количестве подрост дуба семенного происхождения. Формируется на данный момент на месте гибели культур лиственное насаждение с участием дуба в составе.

На втором объекте в культурах сосны 45 лет нет признаков поражения корневой губкой, наибольшую долю составляют здоровые – 47,8 %, на долю свежего и старого сухостоя приходится 37,7 %. Категория состояния насаждения 2,8 – сильноослабленное. Наибольший диаметр имеет сосна в категории здоровые – 15,45 см, что в 2 раза выше, чем у деревьев других категорий. Наименьший диаметр имеет сосна в категории старый сухостой, что связано с отпадом в первую очередь деревьев, отставших в росте.

На третьем и четвертом объектах произошло заражение корневой губкой лет 10 назад. На незараженной части доля сухостойных деревьев составляет 1/3 часть насаждения, при этом эта доля резко увеличивается с приближением к зоне действия корневой губки. По словам работников Национального парка, распад насаждения усилился после засухи 2010 года. Очевидно, что ослабление и усыхание насаждения произошло также после пройденного низового пожара, негативные последствия которого продолжаются также в течении нескольких лет после пожара [11-12].

Данные по пересчету сосны на исследованных объектах по категориям состояния приведены в таблице 2.

Усыхание деревьев сосны происходит куртинно, что говорит о распространении болезни через корни растений, которые с ростом деревьев в густых насаждениях переплетаются. При гибели дерева происходит вывал дерева (рис.).

Наличие большого количества сухостойных деревьев свидетельствует о продолжающейся дифференциации деревьев в условиях отсутствия лесоводственных уходов. На землях ООПТ возможно проведение только санитарных рубок.

После куртинного усыхания сосны на четвертом объекте в зоне действия корневой губки в окнах появился подрост, состоящий в основном из деревьев сосны, но на

отдельных площадках присутствует также подрост лиственных пород – осины, березы (табл. 3).

Таблица 2

Распределение культур сосны на пробных площадях по категориям состояния
(в % от запаса и количества)

Категория состояния	1 объект (30 лет)		2 объект (50 лет)		3 объект (51 год)		4 объект (51 год)	
	Запас	Количество	Запас	Количество	Запас	Количество	Запас	Количество
Здоровые	89	46	43	25	34	28	65	44
Ослабленные	3	7	2	3	12	10	16	21
Сильно ослабленные+усых.	3	7	25	39	34	39	2	3
Сухостойные	5	40	20	33	20	33	17	32



Рис. Распад культур сосны в зоне действия корневой губки.
Квартал 190 выдел.4 Челнинское участковое лесничество

Таблица 3

Данные учета естественного возобновления на объекте № 4

№ учетных площадок	Количество подроста			
	до 0,5 м	0,51–1,5 м	более 1,5 м	Итого, прив.
1	5/2,5	8/6,4	11/11	19,9
2	3/1,5	11/8,8	7/7	17,3
3	3/1,5	9/7,2	6/6	14,7
4	2/1	8/6,4	9/9	16,4
5	4/2	13/10,4	10/10	22,4
Итого	17/8,5	49/39,2	43/43	90,7

После гибели культур сосны формируется насаждение состава 5С3Ос2Б, наибольшее количество подроста имеет сосна, но выше всего подрост березы. Разная высота подроста связано с разным возрастом появления подроста и куртинностью его расположения. В целом на этой прогалине формируется естественное насаждение смешанного состава,

которое является устойчивым к корневой губке. На учетных площадках наибольшее количество подроста высотой 1 м, колебание по высоте от 0,5 м до 5 м, что говорит о разновозрастности появляемого подроста (табл. 4).

Таблица 4

Характеристика естественного возобновления по породам на четвертом объекте

Н, м	Сосна	Осина	Береза	Всего
до 0,5м	17\8,5			17\8,5
0,51-1,5м	37\29,6	10\8	2\1,6	49\39,2
более 1,5м		18	25	43
Итого/ приведенная	54\38,1	28\21	27\26,6	109\90,7
Н, ср., м	0,8	2,4	3,9	1,9

Из данных исследований лесных культур установлено, что на бедных почвах в загущенных искусственных насаждениях Челнинского участкового лесничества имеется высокая вероятность поражения корневой губкой. В настоящее время на указанных объектах на месте отпада деревьев сосны формируются молодняки семенного происхождения хорошего общего состояния.

В то же время имеется значительный потенциал для успешного естественного возобновления сосны, лиственных пород, который необходимо использовать при реконструкции культур, пораженных корневой губкой. На первом, третьем и четвертом участках все мероприятия направлены только на сохранение подроста сосны, дуба, березы и осины, уход за ним и обеспечение появления нового самосева.

Четвертый и пятый объекты были выбран для исследования для оценки роста и состояния сосны в возрасте спелости – 100 и 125 лет.

На пятом объекте сосна естественного происхождения произрастает в смеси с елью, сформировалось хвойное насаждение. Доля здоровых деревьев сосны 82% , ель разновозрастная, преобладают молодые деревья и подрост без признаков усыхания. Категория состояния 1,7 – насаждение считается ослабленным. Сосна и ель естественного происхождения, отпад сосны происходит вследствие естественного старения. Может являться эталоном для ведения лесного хозяйства в данных лесорастительных условиях для Национального парка.

Таблица 5

Распределение деревьев сосны на по состоянию на пятом и шестом объектах

№ объекта	Возраст	Состав	Категории состояния			
			Здоровые	Ослабленные	Сильно осл.+ усыхающие	Сухостойные
5	100	9С1Е	80	2	1	17
6	125	5С1Е4Б	75	6	1	18

Насаждения сосны естественного происхождения смешанного состава спелые по возрасту оказались по категориям состояния насаждения 1,7 (ослабленное) более здоровыми, с запасом древостоя на пятом объекте 340 кубометров на 1 га. Отпад деревьев здесь происходит в силу естественных причин. Эти данные доказывают необходимость и возможность создания устойчивых к корневой губке насаждений сосны, смешанных по составу и естественных по происхождению.

Выводы

1. В типах лесорастительных условий А1, А2, В2 необходимо из-за высокого риска заражения корневой губкой создание лесных культур смешанного состава – сосны, дуба с последующим появлением самосева мягколиственных пород.

2. Исходя из «Положения о Национальном парке «Нижняя Кама» возможно проведение выборочных санитарных рубок по состоянию. В культурах сосны необходимо своевременная вырубка сухостойных деревьев в рамках проведения выборочной санитарной рубки для улучшения санитарного состояния и снижения пожарной опасности насаждений.

3. В случае появления очагов корневой губки необходимо лесоводственными уходами формировать смешанные насаждение с участием дуба черешчатого.

Рекомендации

Для монокультур сосны с наличием очагов корневой губки разработан способ ведения хозяйства. Сущность способа заключается в постепенном переводе монокультур сосны в естественный смешанный, более устойчивый лес. Для реализации способа разработана система лесоводственно-селекционных мер, дифференцированных в зависимости от возраста, степени распада древостоя сосны и смены целевой пород [9, 13].

E-mail автора для переписки: betula2@mail.ru

Литература

1. Негруцкий, С.Ф. Корневая губка / С.Ф. Негруцкий. – М. : Агропромиздат, 1986. – 196 с.
2. Гусева, О.Н. Поражение корневой губкой чистых и смешанных культур сосны в условиях экологического стресса : дис. ... канд. с.-х. наук / О.Н. Гусева. – Йошкар-Ола : Изд-во Поволжского гос. тех. Университета, 2011. – 226 с.
3. Демаков, Ю.П. Закономерности развития древостоя в культурах сосны обыкновенной разной исходной густоты / Ю.П. Демаков, Т.В. Нуреева, А.С. Пуряев, А.А. Рыжков // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2016. – № 4 (32). – С. 19-33.
4. Павлов, И.Н. Образование и затухание очагов куртинного усыхания сосны обыкновенной в результате воздействия *Armillaria borealis* Marxm. & Korhonen (Сообщение 2. Закономерности роста) / И.Н. Павлов, С.С. Кулаков, Л.С. Евдокимова, О.А. Кудрявцев, А.А. Перцова, Е.С. Кулакова // Хвойные бореальной зоны. – 2013. – XXXI, № 1-2. – С. 46-53.
5. Павлов, И.Н. Распределение деревьев сосны обыкновенной по диаметру в очагах интенсивного биогенного воздействия / И.Н. Павлов, О.А. Барабанова, А.Г. Миронов // Хвойные бореальной зоны. – 2006. – Т. 23, № 3. – С. 30-37.
6. Ятманова, Н.М. Изучение состояния культур сосны, созданных в различных условиях Ислейтарского лесничества Республики Татарстан / Н.М. Ятманова, Г.А. Петрова, О.В. Малюта, И.К. Сингатуллин // Актуальные проблемы развития лесного комплекса : Материалы XX Международной научно-технической конференции. Вологда, 2022. – С. 116-119.
7. Чураков, Б.П. Естественное лесовозобновление в очагах корневой губки / Б.П. Чураков, С.Г. Битяев, Р.А. Чураков // Лесоведение. – 2020. – № 5. – С. 474-480.
8. Липатова, М.А. Корневая губка и ее распространенность в лесах Республики Татарстан / М.А. Липатова // Студенческая наука – аграрному производству : Материалы 80-й студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 08–09 февраля 2022 года. Том 3. – Казань : Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 76-81.
9. Сингатуллин, И.К. Реконструкция усыхающих насаждений сосны обыкновенной на дерново-карбонатных почвах в ГКУ «Бугульминское лесничество» Республики Татарстан / И.К. Сингатуллин // Лес, лесной сектор и экология : Материалы всероссийской науч.-практ. конф. – Казань, КазГАУ, 2012. – С. 68-72.
10. Сафина, С.А. Национальный парк «Нижняя Кама» / С.А. Сафина. – Елабуга : Н.П. «Нижняя Кама», 2003. – 176 с.
11. Сингатуллин, И.К. Влияние засухи 2010 г. на состояние древостоев основных лесобразующих пород национального парка «Нижняя Кама» Республики Татарстан / И.К. Сингатуллин, А.Х. Газизуллин, З.Г. Хакимова // Продуктивность лесов и биологическое разнообразие природных ландшафтов: Матер. всероссийской науч.- практ. конф. – Казань, КазГАУ, 2016. – С. 17-23.

12. Сингатуллин, И.К. Состояние сосновых древостоев Республики Татарстан после засухи 2010 года / И.К. Сингатуллин // Вестник Омского аграрного университета. – 2017. – № 3. – С. 95-101.

13. Краснобаева, К.В. Способы реконструкции густых культур сосны, созданных в экстремально неблагоприятных условиях / К.В. Краснобаева, Х.Г. Мусин, И.К. Сингатуллин // Экологические основы рационального лесопользования в Среднем Поволжье : Матер. науч.-практич. конф. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2002. – С. 121-123.

DOI 10.21178/160524.301

УДК 630*161+551*583+630*221+630*23+630*24+630*431

О направлениях реализации климатической политики в лесном хозяйстве Южной Карелии

© С.М. Синькевич^{1*}, В.Е. Голубев²

¹Институт леса - обособленное подразделение ФИЦ «Карельский научный центр РАН»,
Пушкинская, 11, г. Петрозаводск, 185910, Республика Карелия, Россия

²Общество с ограниченной ответственностью «Русский лесной альянс»,
пр-д Автолюбителей, 14, г. Петрозаводск, 185013, Республика Карелия, Россия

На основе анализа региональных климатических трендов и породно-возрастной структуры лесного фонда Южной Карелии предложена система мероприятий, направленных на смягчение и предупреждение возможных последствий глобальных климатических изменений для ведения хозяйства в лесах региона. На примере выполненного расчета углеродного баланса показана необходимость учета территориальной специфики при реализации климатической политики.

Based on the analysis of regional climatic trends and the species-age structure of the forest fund of South Karelia, a system of measures was proposed aimed at mitigating and preventing the possible consequences of global climatic changes for the regionale forest economy. Using the example of the carbon balance calculation, the need to take into account territorial specifics in the implementation of climate policy is shown.

Мероприятия по реализации климатической политики и сохранению экологического потенциала лесов должны базироваться на информации о реально имеющих место изменениях условий роста, к которым относятся в первую очередь условия вегетационного периода, во время которого и происходит жизнедеятельность деревьев.

Средняя летняя температура воздуха по данным метеонаблюдений в г. Петрозаводске на протяжении 200 лет сохраняется на уровне 15 ± 2 °С. Некоторый рост среднегодовых значений температуры происходит за счет повышения в осенне-зимние месяцы, которые непосредственно на процессы роста влияния не оказывают. Однако, необходимо отметить наличие устойчивого тренда потепления (2° за 200 лет) ноября и декабря – месяцев, которые в значительной мере определяют условия ведения зимних лесозаготовок. Этот тренд реализуется в последние 20 лет в виде часто сменяющихся оттепелей и похолоданий, сопровождающихся обильными снегопадами, в результате которых происходит намерзание значительных масс снега на кронах и снижается физическая устойчивость деревьев.

Одновременно средняя сумма летних осадков устойчиво растет, начиная с 30-х годов прошлого века и аналогично растет их годовое количество [4, 8, 9]. Это на фоне общего преобладания осадков над испарением непосредственно изменяет в худшую сторону водный режим почв, и значит – условия роста лесных насаждений и их устойчивость.

Приведенные краткие сведения о климатических параметрах региона свидетельствуют о наличии существенных деталей, отличающих местные условия от

картины глобальных изменений климата. В связи с этим реализация климатической повестки, законодательно закреплённая в региональном лесном планировании, должна иметь свои особенности. Являющийся обязательным разделом лесного планирования углеродный баланс региона непосредственно зависит от породно-возрастной структуры лесного фонда, которая даже в пределах относительно небольшого Карельского таежного лесного района, расположенного в границах среднетаежной подзоны, может существенно варьировать.

Сочетание неоднородности почвенно-климатических и экономических условий существенно влияет на средний запас углерода в насаждениях. Расчет его для территории 10 центральных лесничеств [3, 6, 7] выявил колебания от 39 до 72 тС/га. Уже только из этих данных становится ясно, что требования в отношении уровня связывания углерода не могут быть территориально одинаковыми. Зависимость количества углерода, закрепляемого в фитомассе насаждений от уже накопленного запаса не является линейной. При увеличении запаса углерода до 50 тС/га оно растёт от 0,6 до 0,8 тС/га/год, после чего практически выходит на плато, оставаясь далее на достигнутом уровне.

Более детальный анализ приведенных цифр с учетом породно-возрастной структуры лесного фонда выявил существенные различия реализации отмеченной зависимости в насаждениях с преобладанием разных лесообразующих пород. При указанных выше пределах наличного запаса углерода в насаждении сосновые древостои связывают его со скоростью 0,6–0,7 а еловые – 0,5–0,9 тС/га/год ($R^2=0,46$ и $0,90$ соответственно). В насаждениях с преобладанием лиственных пород при наличном запаса углерода до 55 тС/га имеет место увеличение его фиксации, а затем уменьшение. В березняках интервал изменения составляет 0,8–0,9–0,8, а в осинниках – 0,9–1,2–1,0 тС/га/год. Результаты выполненных расчетов показывают, что общая зависимость связывания углерода лесными насаждениями Южной Карелии определяется в значительной мере соотношением участия ели и осины в составе древостоев и поэтому подходы к решению вопросов углеродного баланса территории должны качественно различаться.

Фиксация атмосферного углерода, относящаяся к глобальным аспектам климатической политики, непосредственно связана с транспирацией, уровень интенсивности которой важен на региональном уровне для компенсации превышения осадков над испарением [5]. Интенсивность обоих этих процессов интегрально реализуются в приросте древесины, являющемся основой экономики региона. Варианты соотношения целей глобального и регионального аспектов климатической политики зависят в каждом конкретном случае от целевого назначения лесов, в составе которых доля защитных по центральным лесничествам составляет от 10 до 100 %.

С учетом изложенного представляется целесообразной реализация мер постоянного характера, сгруппированных по основным источникам рисков, вызванных климатическими изменениями.

Уменьшение продуктивности местообитаний требует сохранения на значительной части восстанавливаемых вырубок поросли лиственных пород в течение 10-15 лет для скорейшего восстановления водного баланса вырубленных площадей, что в свою очередь потребует увеличения расходов на уход за хвойными на стадии некоммерческих прореживаний. Важным аспектом является использование естественного возобновительного потенциала насаждений путем проведения рубок с сохранением подростка для восстановления вырубленных площадей хвойными породами, участвующими в регулировании водного баланса круглогодично. Сопутствующее оставление «на корню» экономически неостребованных деревьев лиственных пород позволяет уменьшить воздействие на почву и подрост; при этом на увлажненных местообитаниях они будут препятствовать заболачиванию. Безусловно необходима оптимизация гидрологического режима лесных земель, для чего требуются ремонт и реконструкция осушительной сети.

Изменения в породном составе, наблюдаемые в последние десятилетия, являются ре-результатом проведения рубок и требуют вмешательства только в рамках соблюдения обычных лесоводственных правил с ориентацией на выращивание разновозрастных смешанных насаждений. Все местные древесные породы успешно произрастают в достаточно широком экологическом диапазоне, в связи с чем введение специально адаптированных видов не требуется. В то же время следует отметить шаблонное применение ряда общих рекомендаций по сохранению биоразнообразия, не адаптированных к условиям Карелии, что способствовало увеличению площадей молодых осинников даже на севере республики, где раньше они вообще отсутствовали в материалах учета лесного фонда.

Частота пожаров составляет в среднем 190 случаев в год. Как правило, их удается оперативно потушить, но в отдельные годы пройденная огнем площадь может достигать нескольких тысяч гектаров. Рост количества пожаров напрямую связан с расширением загородного строительства, увеличением транспортной доступности и посещаемости лесов. Дополнительным элементом риска являются возврат популярности отдыха «на природе» и ориентация экономики республики на развитие туризма. В совокупности эти факторы существенно увеличивают вероятность возникновения лесных пожаров, преобладающей причиной которых по данным статистики является небрежное обращение с огнем. Случающиеся в Карелии засушливые сезоны происходят с обычной прогнозируемой периодичностью, в связи с чем основные мероприятия должны быть направлены на нейтрализацию антропогенных факторов.

Случаи возникновения очагов размножения энтомофитов возможны лишь при соответствующем росте кормовой базы. Изложенные в обзоре климата обстоятельства являются потенциальной основой для развития патологических процессов, выражающихся в увеличении количества ослабленных деревьев, развитию грибных поражений и в итоге – в росте частоты поражения энтомофитами вплоть до возникновения очагов их размножения. Поэтому профилактические меры борьбы должны включать постоянный мониторинг древостоев, нарушенных пожарами, рубками или другими факторами, а также оперативную ликвидацию последствий катастрофических ветровалов.

Предупреждение последствий экстремальных погодных условий требует в первую очередь соблюдения лесоводственных правил, а также совершенствования технологий планирования и проведения лесозаготовок. Необходимо обеспечить выращивание древостоев, устойчивых к ветровалу и снеголому в первую очередь за счет выполнения ранних прореживаний хозяйственно ценных насаждений в лесоводственно необходимых объемах. В защитных лесах, составляющих треть лесного фонда, для поддержания их экологической функциональности требуется формирование разновозрастных смешанных и многоярусных насаждений путем проведения выборочных рубок [1, 5]. Для минимизации риска бурелома и ветровала в эксплуатационных лесах обязательно соблюдение лесоводственных принципов отбора деревьев при проведении проходных и выборочных рубок. Во избежание нарушения гидрологического режима почв и развития заболачивания необходимо применение техники и технологий, минимизирующих образование глубокой колеи на волоках, и обязательное восстановление по окончании рубки пропускной способности постоянных и временных водотоков.

Перечисленные направления реализации климатической политики могут быть «экстенсивно» дополнены выращиванием лесов на неиспользуемых сельскохозяйственных землях, которое становится возможным в связи с последними изменениями в законодательстве. Исследования и расчеты, выполненные для условий Южной Карелии показали преимущество молодых лесов перед сенокосными угодьями в части накопления органического углерода [2]. Но, как указывают авторы исследования, регион – это саморегулируемая «система организованных, систематических и институционализированных экономических обменов» в которой «право распоряжения

выступает как системообразующий фактор». С учетом этого положения реализация государственной климатической политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов видится в значительной мере в области регулирования правовых отношений.

Исследование выполнено в рамках государственных заданий ФИЦ КарНЦ РАН (Институт леса).

*E-mail автора для переписки: sergei.sinkevich@krc.karelia.ru

Литература

1. Ананьев, В.А. Рекомендации по проведению рубок в защитных лесах Карелии / В.А. Ананьев, С.М. Синькевич. – Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2015. – 34 с.
2. Геникова, Н.В. Карбоновый вектор онтологической модели экономики землеустройства / Н.В. Геникова, И.А. Дубровина, А.Ю. Карпечко, Л.М. Кулакова, А.В. Мамай, М.В. Медведева, Е.В. Мошкина, В.А. Сидорова, О.В. Толстогузов, А.В. Туонен. – Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2023. – 266 с.
3. Замолодчиков, Д.Г. Системы оценки бюджета углерода в лесах (научно-образовательный курс) / Д.Г. Замолодчиков. – М. : ЦЭПЛ РАН, 2012, – 59 с.
4. Доклады об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2017-2022 гг. – URL:<http://www.igce.ru/climatechange/reports> (дата обращения: 17.04.2024).
5. Карпечко, Ю.В. Гидрологическая роль лесохозяйственных и лесопромышленных работ в таежной зоне Европейского Севера России / Ю.В. Карпечко, Н.Л. Бондарик. – Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2010. – 225 с.
6. Лесной план Республики Карелия на 2019-2028 годы (утв. расп. Главы Республики Карелия от 24.12.2018 г. № 731-р). Петрозаводск, 2018. – 222 с.
7. Методические указания по количественному определению объема поглощения парниковых газов.(утв. расп. Минприроды России от 30.06.2017 № 20-р). – 127 с.
8. Назарова, Л.Е. Атмосферные осадки в Карелии / Л.Е. Назарова // Труды Карельского научного центра РАН. – 2015. – № 9. – С. 114-120.
9. Научно-прикладной справочник по климату СССР. сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1-6, вып. 3. Карельская АССР, Ленинградская, Новгородская, Псковская, Калининская, Смоленская области. – Л. : Гидрометеиздат, 1988. – 692 с.

DOI 10.21178/160524.305

УДК 630*94

Концептуальные подходы к построению мониторинга эффективности государственного управления лесами

© Л.В. Смоленникова^{1*}, Т.М. Наумова², Т.Г. Колесникова²

¹ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
пл. Ленина, 3, г. Йошкар-Ола, 424000, Россия

²Центр экономических исследований и стратегического планирования в области лесных отношений -
Обособленное подразделение ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного
хозяйства», расположенное в г. Москве, ул. Енисейская, д. 1, стр. 1, офис 238, г. Москва, 129344, Россия

Разработана концепция построения мониторинга результатов деятельности органов государственного управления лесами, включая цели, задачи, принципы и инструментарий мониторинга, для формирования информационной основы принятия управленческих решений в эмерджентной среде. Построение инструментария мониторинга на базе параметров функционирования региональных экономических систем позволяет своевременно выявлять возможные деструктивные факторы и риски ведения хозяйственной деятельности, вырабатывать меры обеспечения устойчивого управления лесами и развития территории, адекватные экономическим, социальным, природным и иным реалиям.

A concept has been developed for constructing monitoring of the results of activities of state forest management bodies, including goals, objectives, principles and monitoring tools, to form an information basis for making management decisions in changing environment. Building monitoring tools based on the functioning parameters of regional economic systems makes it possible to timely identify possible destructive factors and economic activity risks, and develop measures to ensure sustainable forest management and territory development that are adequate to economic, social, natural and other realities.

Введение

В соответствии с Лесным Кодексом РФ и принятыми международными соглашениями главным требованием ведения лесного хозяйства является организация устойчивого управления лесами на основе рационального, неистощительного и многоцелевого лесопользования для удовлетворения потребностей людей в продуктах и услугах леса при сохранении самих лесов, их ресурсного потенциала и средообразующих функций, как ключевого фактора стабилизации природной среды.

Важной компонентой устойчивого развития территорий является планирование. В части использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов значимость лесного планирования в обеспечении устойчивости подчеркивается в ст. 85, 86, 87 Лесного кодекса Российской Федерации. «Основами государственной лесной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в Российской Федерации на период до 2030 года» развитие системы стратегического и текущего планирования в лесном секторе предусматривается на основе формирования достаточной и достоверной информации [1]. Это определяет актуальность выбранной темы исследования.

Цель исследования: формирование концептуальных подходов к построению

мониторинга результатов деятельности органов государственного управления лесами для обеспечения эффективности исполнения субъектами Российской Федерации переданных полномочий в области лесных отношений.

Задачи исследования:

- характеристика институциональной компоненты устойчивости лесного хозяйства;
- построение инструментария мониторинга эффективности исполнения субъектами Российской Федерации переданных полномочий в области лесных отношений.

Объектом исследований является деятельность государственных органов власти субъектов Российской Федерации по осуществлению переданных в соответствии с частью 1 статьи 83 Лесного кодекса полномочий в области лесных отношений.

Теоретико-методологической основой исследования послужили научные статьи и публикации по вопросу организации государственного управления лесами и исполнения переданных полномочий в области лесных отношений таких ученых и исследователей, как: Н.П. Анучин, О.Н. Анцукевич, Н.А. Бурдин, В.Т. Воронков, М.Д. Гиряев, И.М. Карнаух, А.Э. Клейнхоф, Н.И. Кожухов, Ю.В. Кузьминых, В.Н. Логацкий, Н.А. Моисеев, М.М. Орлов, А.П. Петров, В.Н. Петров, Н.А. Петрунин, В.А. Поляков, А.Ф. Рудзкий, В.С. Чуенков и др.

Эмпирическую основу исследования составляют законодательные и нормативно-правовые акты Российской Федерации в части организации управления лесным хозяйством Российской Федерации; данные федеральной, отраслевой и ведомственной статистической отчетности;

При проведении исследования применялся системный подход и использованы исторический метод, формально-логические методы (абстрактно-логический, дедукция, индукция, синтез, аналогия, классификация, систематизация, моделирование).

Результаты исследования

Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию, утвержденная указом Президента РФ, требует выработки стратегии устойчивого управления лесами с целью обеспечения непрерывного, неистощительного, многоцелевого использования их в интересах не только нынешних, но будущих поколений [2].

Под устойчивым управлением лесами понимается целенаправленное, долговременное, экономически выгодное взаимоотношение человека и лесных экосистем и формируется достижением высоких темпов экономического роста, повышением качества жизни при условии сохранения и воспроизводства природных ресурсов (А.П. Петров, 2011; М. Krott, 2000; D. Zhang, P.H. Pears, 2012).

В соответствии с Концепцией устойчивого управления лесами Российской Федерации. в числе проблем, от решения которых зависит результативность управления, названа необходимость совершенствования организационно-экономического механизма лесоправления [6].

В настоящее время федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере изучения, использования, воспроизводства и охраны природных ресурсов, является Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Функции по оказанию государственных услуг, управлению государственным имуществом в области лесных отношений возложены на Федеральное агентство лесного хозяйства (Рослесхоз).

Федеральное агентство лесного хозяйства осуществляет деятельность непосредственно, через территориальные органы и подведомственные организации. Территориальными органами Федерального агентства лесного хозяйства являются Департаменты лесного хозяйства в федеральных округах, органы исполнительной власти в субъектах Российской Федерации, лесничества.

Лесной кодекс 2006 года, сохранив государственную собственность на леса, передал основные полномочия в сфере лесных отношений - функции распоряжения и государственного надзора за лесным фондом - органам государственной власти субъектов Российской Федерации, возложил ответственность за ведение лесного хозяйства на арендованных землях лесного фонда на частный бизнес – арендаторов. Под влиянием этого ключевым вопросом в части государственного управления лесами на современном этапе является обеспечение его эффективности и качества осуществления переданных полномочий [7].

Базируясь на результатах научных исследований ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства» (Отчет о научно-исследовательской работе Т14(15) Аналитический обзор результатов осуществления органами государственной власти субъектов Российской Федерации переданных полномочий в области лесных отношений за 2019-2021 года. Руководитель – Н.А. Петрунин), можно сделать вывод, что Российская Федерация обладает значительными природными богатствами, и леса - одно из важнейших [1]. Но усиливающееся влияние природных и антропогенных факторов, включая пожары, вспышки численности вредителей, болезни леса, истощительное использование привели к ухудшению лесного покрова, детерминировав ущерб целевым функциям леса и лесной продукции.

Таким образом, все возрастающая роль лесов в национальной экономике обуславливает необходимость дальнейшего развития системы государственного управления лесами и разработки подходов к построению системы мониторинга за результативностью управления ими под эгидой сохранения биоразнообразия лесов и организации устойчивого управления.

Исследования системы государственного управления лесами с целью ее совершенствования, включая обоснование функционала органов управления лесами на различных уровнях, выполнены учеными ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства» (Отчет о научно-исследовательской работе Т9(15) «Разработка предложений по совершенствованию системы государственного управления лесами, включая разграничение предметов ведения и полномочий между органами государственной власти Российской Федерации и органами государственной власти субъектов Российской Федерации». Руководитель – Н.А. Петрунин). В развитие вопроса получает актуальность формирование подходов к построению системы мониторинга за результативностью управления лесами как основы стратегического и текущего планирования в лесном секторе.

Характеристика мониторинга предложена в научном докладе Института экономики РАН Сенчаговым В.К., Ивановым Е.А. [8], которые под мониторингом понимают процесс непрерывного контроля состояния экономической системы, включающий сбор данных, отслеживающих динамику показателей экономической системы, выявления тенденций социально-экономического развития и прогнозирования угроз. Потребность постоянного наблюдения, непрерывного мониторинга за динамикой процесса, а не отдельно взятых событий, изучение реакции системы на ее отклонение от гомеостатической границы рассматривается как условие обеспечения безопасности сложных систем [9].

Таким образом, мониторинг как постоянно действующая система сбора, анализа информации направлен на выявление сдерживающих факторов и угроз устойчивости экономики на мезоуровне, прогнозирование и установления приоритетов социально-экономического развития.

Рассмотрение мониторинга как элемента механизма обеспечения устойчивости экономической системы [10], позволяет построить архитектуру механизма:

1) мониторинг, анализ процессов и факторов, определяющих внутренние и внешние угрозы устойчивости экономической системы;

2) разработка индикаторов устойчивости, выработка пороговых, предельно допустимых значений показателей, обеспечивающих стабильность и устойчивость развития;

3) прогнозирование деятельности с позиции обеспечения защищенности от внутренних и внешних угроз;

4) разработка и реализация органами государственной власти мер по предотвращению вероятных угроз: разработка основных направлений и стратегии развития, программ, проектов бюджетов, формирование нормативно-правовой основы.

Формирование концепции мониторинга предусматривает определение цели, принципов, вычисление интегрального показателя (показателей), прогнозирование угроз [11].

Исходя из характеристики мониторинга, основной его целью является обеспечение органов управления адекватной сложившимся социально-экономическим реалиям информацией о состоянии экономической системы [12]. Основные функции мониторинга: создание информационных банков данных, отражающих динамику показателей устойчивого управления лесами на разных уровнях лесопользования; оперативная диагностика рисков; систематическое наблюдение, анализ и прогнозирование состояния лесов.

Основные принципы мониторинга: непрерывность наблюдения; оперативность; достоверность информации; валидация данных.

Как показали исследования, существуют различные подходы к формированию состава показателей мониторинга: сравнения по одному индикатору, выделяемому в качестве главного; по нескольким приоритетным индикаторам; по сводным индикаторам.

Построение системы показателей и индикаторов для мониторинга эффективности и качества выполнения органами управления лесами переданных им полномочий считаем целесообразным выполнять на основе унифицированных отчетных данных [13], с учетом сложившейся системы оценки результативности работы органов управления лесами и специфики лесного хозяйства как вида экономической деятельности.

В настоящее время контроль за эффективностью и качеством осуществления переданных органам государственной власти субъектов Российской Федерации полномочий осуществляет Рослесхоз [14]. Состав переданных полномочий, в отношении которых осуществляется контроль, определяется частью 1 статьи 83 Лесного кодекса Российской Федерации. Оценка эффективности деятельности органов государственной власти субъектов Российской Федерации по осуществлению переданных полномочий в области лесных отношений, проводится по критериям, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации [15].

Состав критериев комплексно характеризует деятельность органов государственной власти субъектов Российской Федерации по осуществлению переданных полномочий в области лесных отношений, описывая различные аспекты деятельности. Но анализ результатов осуществления органами государственной власти субъектов Российской Федерации переданных полномочий (Отчет о научно-исследовательской работе Т14(22) «Разработка научно – обоснованных предложений по совершенствованию механизмов финансирования переданных полномочий Российской Федерации в области лесных отношений с учетом изменения нормативных правовых актов, регулирующих лесные и бюджетные отношения за период с 2019 по 2022 годы, реализации федерального проекта «Сохранение лесов» и применения федеральных нормативов затрат». Руководитель – Н.А. Петрунин), выявил целесообразность корректировки состава критериев и алгоритма оценки с выделением двух этапов:

1. Деление на группы всех субъектов Российской Федерации в целях оценки эффективности осуществления органами государственной власти субъектов Российской Федерации переданных полномочий, оценив их потенциал в области лесных отношений на

основе утверждаемого перечня показателей для деления на группы, критериев и порядка расчета баллов, а также диапазона баллов для каждой группы субъектов;

2. Оценка эффективности осуществления органами государственной власти субъектов Российской Федерации переданных полномочий на основе скорректированного с учетом современных вызовов и задач обеспечения национальной безопасности перечня критериев и показателей для объективной оценки сформированного в регионе потенциала лесного хозяйства, определяющего базу устойчивого развития

Базируясь на постулате, что деятельность органов государственной власти направлена на достижение целей и выполнение задач, закрепленных в стратегиях развития экономики страны, государственных программах, нормативных актах, регулирующих лесные отношения, в основу построения системы критериев и показателей заложены цели и задачи, установленные Стратегией развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года, Государственной программой Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства», Основами государственной лесной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов до 2030 года,. Формулирование критериев основывается также на составе полномочий в области лесных отношений, которые передаются органам государственной власти субъектов Российской Федерации в соответствии с частью 1 статьи 83 Лесного кодекса РФ, учитывает риски и генерирующие их деструктивные факторы.

Органы управления лесами, выполняя бюджетные полномочия администраторов доходов бюджетов бюджетной системы Российской Федерации, руководствуются нормами, заложенными в Бюджетном кодексе РФ. Так, ст.34 Бюджетного кодекса РФ устанавливает: «принцип эффективности использования бюджетных средств означает, что при составлении и исполнении бюджетов участники бюджетного процесса в рамках установленных им бюджетных полномочий должны исходить из необходимости достижения заданных результатов с использованием наименьшего объема средств (экономности) и (или) достижения наилучшего результата с использованием определенного бюджетом объема средств (результативности)». Следовательно, оценка эффективности деятельности органов управления лесами строится и на основе сопоставления достигаемых результатов и использованного объема бюджетных средств.

Система критериев и показателей для оценки эффективности осуществления органами государственной власти субъектов Российской Федерации переданных полномочий принимается в качестве основы построения инструментария мониторинга результативности выполнения функций по управлению лесами.

Сформированный перечень показателей мониторинга может быть использован с применением различных методов: сравнение современных параметров показателей с аналогичными за предшествующие периоды (текущий анализ); сравнение прогнозных параметров с современными (перспективный анализ).

Свод разнородных индикативных показателей в интегральные осуществляется с применением формулы многомерной средней, широко применяемой при проведении исследований на мезоуровне. Для приведения разнородных частных показателей к сопоставимому виду используется предусмотренная методом многомерной средней процедура предварительной нормализации их значений, то есть преобразование в безразмерные относительные величины.

В качестве пороговых значений в зависимости от целей мониторинга могут быть приняты [16]:

- средние значения показателей за последние 5-10 лет;
- значения показателей текущего периода по группе субъектов;
- средние значения показателей по группе субъектов за последние 5-10 лет;
- значения показателей текущего периода по стране;
- средние значения показателей по стране за последние 5-10 лет.

Выводы

Государственная политика Российской Федерации в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов направлена на обеспечение экологических и экономических интересов общества, решая двуединую задачу: сохранение и приумножение лесов при достижении максимального удовлетворения потребностей в качественных продуктах и полезных свойствах леса. Приоритетным вопросом, влияющим на реализацию целевых установок, является повышение эффективности управления лесами.

Построение инструментария мониторинга процесса осуществления полномочий по управлению лесами на основе параметров праксиологического функционирования региональных экономических систем позволит своевременно выявлять возможные деструктивные факторы и риски ведения хозяйственной деятельности для решения задач устойчивого лесопользования, проводить сценарное планирование развития лесного сектора, вырабатывать меры обеспечения устойчивого управления лесами и развития территории, адекватные экономическим, социальным, природным и иным реалиям.

*E-mail автора для переписки: smolennikovalv@mail.ru

Литература

1. Об утверждении Основ государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в Российской Федерации до 2030 года : распоряжение Правительства Российской Федерации от 26 сентября 2013 г. № 1724-р. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/499047151> (дата обращения 02.04.2024).
2. О Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию : указ Президента Российской Федерации от 1 апреля 1996 года № 440. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9017665> (дата обращения 02.04.2024).
3. Петров, А.П. Государственное управление лесами / А.П. Петров. – Пушкино : ВИПКЛХ, 2011. – 204 с.
4. Krott, M. Policies for Sustainable Forestry in Belarus, Russia and Ukraine / M. Krott, J. Tikkanen, A. Petrov, Y. Tunytsya, B. Zheliba, V. Sasse, I. Rykounina, T. Tunytsya. – European Forest Institute report. – Vol. 9. – Brill, 2000. – 174 p.
5. Zhang, D. Forest Economics / D. Zhang, P.H. Pearse. – The University of British Columbia, 2012. – 390 p.
6. Об утверждении Концепции устойчивого управления лесами Российской Федерации: постановление коллегии Рослесхоза от 31 июля 1998 г. № 6. – URL: <https://base.garant.ru/2156734> (дата обращения 02.04.2024).
7. Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Развитие лесного хозяйства" (с изменениями на 18 октября 2021 года) : постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 318. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/499091762> (дата обращения 02.04.2024).
8. Сенчагов, В.К. Структура механизма современного мониторинга экономической безопасности России / В.К. Сенчагов, Е.А. Иванов. – М. : Ин-т экономики РАН, 2016. – 71 с. (Научные доклады Института экономики РАН).
9. Кротов, М.И. Экономическая безопасность России: Системный подход / М.И. Кротов, В.И. Мунтян. - СПб. : Изд-во НПК «РОСТ», 2016. – 336 с.
10. Национальная экономика : учебник / Под общ. ред. проф., д-ра. экон. наук Р.М. Нуреева. – М. : НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 655 с.
11. Митякова, О.И. Проблемы устойчивого развития экономики России на основе инновационных преобразований / О.И. Митякова. – Н. Новгород : Изд-во Нижегород. гос. техн. ун-та, 2009. – 237 с.
12. Максимов, Ю.М. Инновационные преобразования как императив экономической безопасности региона: мониторинг и прогнозирование / Ю.М. Максимов, С.Н. Митяков, Ю.Ф. Орлов, В.А. Сазонтов, Е.С. Митяков // Инновации. – 2011. – № 7 (153). – С. 96-100.
13. Об установлении форм, содержания и порядка представления отчетности об осуществлении органами государственной власти субъектов Российской Федерации переданных в соответствии с частью 1 статьи 83 Лесного кодекса Российской Федерации полномочий

Российской Федерации в области лесных отношений : приказ Минприроды России от 01.03.2022 № 144. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/350030459> (дата обращения 02.04.2024).

14. Об утверждении Порядка осуществления контроля за эффективностью и качеством осуществления органами государственной власти субъектов Российской Федерации переданных им для осуществления полномочий Российской Федерации в области лесных отношений : приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 3 июля 2019 года № 434. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/564042598> (дата обращения 02.04.2024).

15. Об утверждении критериев оценки эффективности деятельности органов государственной власти субъектов Российской Федерации по осуществлению переданных полномочий Российской Федерации в области лесных отношений : постановление Правительства РФ от 06 марта 2012 № 194. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/902334595#64U0IK> (дата обращения 02.04.2024)

16. Смоленникова, Л.В. Теоретико-методологические аспекты формирования региональной инвестиционной политики на принципах экономической безопасности / Л.В. Смоленникова // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Экономика и управление. – 2021. – № 4 (52). – С. 87-101. – DOI 10.25686/2306-2800.2021.4.87.

DOI 10.21178/160524.312

УДК 630.6

Переход к адаптивному лесоуправлению в Сибири

© В.А. Соколов*, О.П. Втюрина, А.А. Злобин, О.Ю. Москвич

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Академгородок, 50/28, Красноярск, 660036, Россия

Действующее лесное законодательство убедительно показывает несостоятельность лесоуправления и лесной политики в России. В результате исследований разработаны рекомендации по организации лесного хозяйства с учетом произошедших изменений в лесном комплексе, экономических требований, экологических ограничений и новых знаний в области лесоуправления и лесопользования. В сфере лесного комплекса особое внимание необходимо уделить лесной экономике и, прежде всего, эколого-экономической оценке лесных ресурсов и биосферных функций леса с учетом глобальных изменений.

The current forest legislation in Russia highlights significant shortcomings in forest management and forest policies. As a result of extensive research, forestry management recommendations have been developed that consider recent changes in the forest sector, economic demands, environmental constraints, and the latest insights in forest management and exploitation. Special focus should be on the economics of the forest industry to begin with the ecological and economic assessment of forest resources and biosphere functions of forests in light of global changes.

Бореальные леса Сибири, как значительная часть крупнейшего биома планеты, выполняют важнейшие биосферные функции, формируют углеродный и водный баланс территорий, служат источником сырьевых и пищевых ресурсов, оказывают большое влияние на формирование культуры и традиций народов, населяющих лесные регионы, обладают огромным потенциалом развития экономики.

Современная парадигма природопользования формировалась много лет и была формально закреплена в Рио-де-Жанейро в 1992 г. Конференцией 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 лесного комплекса наиболее употребительной оказалась устойчивость развития – *sustainable development*, а также формулирование целей устойчивого развития – *Sustainable Development Goals*. На базе предложений по устойчивости развития сформирована идея адаптивного управления, являющегося модификацией лесоуправления в связи с постоянно изменяющимися экологическими и социально-экономическими условиями.

Глобализация мировой экономики, геополитические коллизии современности и климатические факторы оказывают существенное влияние на состояние и функционирование лесов, вызывая необходимость формирования соответствующей лесной политики, обеспечивающей сбалансированность экономических, экологических и социальных интересов. Решение этих проблем невозможно без соответствующих знаний о природе лесных экосистем, их динамике и современных представлений о лесах как

составных частей глобальной природной системы, в которой человек играет все возрастающую роль.

Очевидно, что лесная политика и все соответствующие законодательные и нормативно-правовые акты должны учитывать природу лесов и специфику лесообразовательного процесса, включая естественные и антропогенные сукцессии, динамику растительности. Кроме того, за последние десятилетия существенно изменилась пирологическая ситуация в лесах в связи с изменениями климата и усилением антропогенной нагрузки, нарушилась природная цикличность и приуроченность возгораний, а значит, и изменились пирогенные сукцессии [8]. Появились и продолжают расширяться, с одной стороны, площади техногенно нарушенных лесов, а с другой стороны – площади заброшенных сельхозугодий, которые зарастают древесно-кустарниковой растительностью.

В связи с этим первоочередной задачей фундаментальных исследований в лесоведении должен быть анализ и изучение последствий антропогенного воздействия и климатических изменений на лесообразовательный процесс и динамику лесной растительности. Это позволит получить знания о закономерностях формирования насаждений при поливариантном использовании лесных ресурсов и провести корректировку нормативно-правовой базы лесопользования с учетом региональных природных, этнических и культурно-исторических особенностей.

В последние десятилетия ситуация ухудшилась в связи с реформой лесного хозяйства, передачей лесов в аренду, уменьшением количества работников лесного хозяйства, непосредственно занятых в лесу, бюрократизацией лесного хозяйства. В результате лесопользование приобрело криминогенный, стихийный характер получения краткосрочной прибыли с игнорированием традиций и без соблюдения лесоводственных требований. Частые «новаторские» изменения правил лесопользования искажают классические понятия лесоводства и снижают контроль за лесопользованием, переводя его в область формальной отчетности.

В этой ситуации необходимо принять политическое решение о разработке принципов устойчивого, эффективного лесопользования и, самое главное, выдерживать их на всех уровнях – от принятия нормативных документов до контроля за их исполнением. Эффективность лесопользования не может быть определена без эколого-экономической оценки лесных ресурсов и учета их доступности.

Понятия эколого-экономической доступности и оценки лесных ресурсов введены нами в теорию и практику лесного хозяйства в 90-х годах прошлого века [5, 7]. Эти понятия возникли в результате развития теории многоцелевого лесопользования и повышающейся экологической роли лесов. Вследствие утраты монопольного положения древесного ресурса среди остальных «весомых и невесомых» лесных ресурсов и неуклонной интенсификации лесного хозяйства экологические факторы начинают играть существенную роль в организации лесопользования и приближаются по своему весу к экономическим.

Экологические факторы, лимитирующие использование лесных ресурсов, объективно существуют в природе. Некоторые из них отражены в государственных законодательных актах, например, распределение защитных лесов на категории защитности, некоторые – в ведомственных нормативных актах, например, особо защитные участки различного назначения. Разнообразное сочетание экологических и экономических факторов, например, затраты на транспортировку, и будет определять доступность для использования лесных ресурсов в конкретных условиях времени и пространства.

Суть эколого-экономической оценки лесов заключается в определении качественных и количественных показателей, характеризующих природные блага лесных экосистем и денежных эквивалентов этих показателей [2]. Данные эколого-экономической оценки

лесов должны быть важнейшей составной частью лесного кадастра и базой при формировании экономических лесных отношений.

Сложность эколого-экономической оценки лесов заключается в том, что дополнительно к оценке лесных ресурсов подлежат оценке средоформирующие и социальные функции лесов. Оценка этих функций является комплексной и малоразработанной проблемой, практически не освещенной в действующем лесном законодательстве. Исследования этих функций леса практически не связывались с их экономической оценкой. Дополнительная сложность заключается в том, что эффект от них проявляется за пределами отрасли лесного хозяйства. Дополнительный доход от экологических функций леса может формироваться в других отраслях, например, сельском, водном и охотничьем хозяйствах.

Необходимость разработки стратегии адаптивного управления бореальными лесами Сибири в условиях глобальных изменений диктуется законом от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации» и указом Президента Российской Федерации от 8 ноября 2021 г. № 633 «Об утверждении Основ государственной политики в сфере стратегического планирования в Российской Федерации». Решение этой задачи невозможно без оценки природных и антропогенных воздействий на лесные экосистемы и динамики лесов за максимально возможный период.

Одной из ключевых целей, 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 долгосрочную перспективу.

Исходным постулатом стратегии лесной политики должна служить парадигма устойчивого управления лесами. Соответствие систем ведения лесного хозяйства принципам устойчивого управления должно оцениваться при помощи ряда критериев и индикаторов, среди которых следует выделять сохранение лесов в хорошем жизненном состоянии, повышение их вклада в депонирование углерода, сохранение ресурсных (древесных и недревесных) и защитных (водоохранных и почвозащитных) функций, сохранение биоразнообразия, усиление социально-экономических функций леса.

Необходимо признать, что качество окружающей среды в большей степени зависит от экосистемных функций леса, чем от ресурсных. Эти функции пока не могут быть точно оценены. Но понимание того, что растущий лес более значим, чем срубленные деревья, обозначает необходимость перехода к экосистемному планированию и лесоуправлению. Существующее лесное планирование уделяет основное внимание моноресурсному подходу, т. е. древесинопользованию. Этот однобокий подход необходимо срочно изменить.

Устойчивое управление лесами необходимо рассматривать как постоянно обучающуюся динамическую систему, предполагающую использование новейших научных результатов и непрерывное корректирование принимаемых решений, что полностью соответствует научному пониманию целесообразных путей коэволюции человека и природы в меняющемся мире.

Траектории от текущего состояния лесов к будущему неопределенны, поэтому лесоведам предстоит выработать основы адаптивного управления для будущих лесов [1]. Управление (достижение цели) заключается в последовательной корректировке текущего планирования. В основе принятия управленческих решений лежат первичные данные. Для управления объектом хозяйствования – лесной отраслью или лесным хозяйством отдельного предприятия, в качестве первичных данных используются материалы лесоустройства. Методы таксации предполагают в том числе дешифрирование аэрокосмических снимков с итоговой детализацией показателей на уровне таксационных выделов. При этом анализируются прямые признаки изображения объекта дешифрирования и косвенные, главным образом, связанные с местоположением (с формами рельефа). Спектральная яркость пикселей изображения отдельных объектов

также является косвенной характеристикой растительного покрова. Использование спектральных индексов, в т. ч. вегетационного индекса NDVI, как показано в ряде литературных источников, позволяет по спутниковым изображениям проводить классификацию типов растительности и выявлять их динамику во времени. Возможно, что с определенной достоверностью по спектральным индексам можно будет определять и некоторые таксационные показатели насаждения выдела. Однако, дистанционные данные содержат не всю требуемую информацию. Часть такой информации представлена на картографических материалах, например, принадлежность лесов к тем или иным хозяйственным категориям, а часть может быть получена наземными методами, например, возрастная структура насаждений. Следует поэтому признать, что на сегодняшний день лесоустроительные данные – это наиболее полная и достоверная информация о состоянии лесов и что достойной альтернативы материалам массовой таксации не существует.

Управленческие решения в лесном хозяйстве базируются не только на анализе первичных лесотаксационных материалов. Другой не менее важной составляющей является знание закономерностей жизни леса, которые лесоводственная наука обобщает в виде теории лесообразовательного процесса. Текущие во времени изменения – сукцессии, относятся ко всем аспектам жизни леса, и закономерности лесообразовательного процесса следует принимать во внимание при принятии управленческих решений. Знание особенностей сукцессионных циклов должно стать основой региональных нормативов лесного хозяйства, в частности, их следует учитывать в Правилах рубок и Рекомендациях по лесовосстановлению.

Сукцессии, как правило, вызваны внешним воздействием, но протекают, повинувшись биологическим особенностям леса и экологическим условиям. В Сибири из внешних нарушений наиболее значимы лесные пожары, рубки, вредители леса и изменение климатических показателей. Именно эти воздействия зачастую кардинально прерывают текущий цикл сукцессии с результатом в виде гибели древостоя, формирующего лесную экосистему. Лесные климатические сукцессии – следствие изменения режимов тепла и влаги. Одномоментной гибели лесных экосистем в этом случае на начальных этапах обычно не происходит. Но при достижении определенных пределов (*tipping point*) тепло и влага становятся ведущими факторами, лимитирующими направление лесообразовательного процесса. Для управления лесами важно понимать, а значит необходимо выявить величины климатических показателей, превышение которых уже будет заметно влиять на состав и продуктивность лесов. Закономерности лесообразовательного процесса и основные виды сукцессий к настоящему времени изучены достаточно подробно. Однако требуются их систематизация и корректировка с целью учёта изменения климата и режимов нарушений.

С.А. Нестеров [4] определяет адаптивное управление как процесс контроля параметров системы с целью достижения определенного (оптимального) результата при начальной неопределенности и изменяющихся внешних условиях. Понятие «адаптивное управление» является нечётким, что позволяет трактовать его достаточно разнопланово по отношению к различным объектам. Относительно объекта «лес» наиболее адекватным представляется определение, фигурирующее в экономико-математическом словаре. По мнению Л.И. Лопатникова [3], управление является адаптивным, когда желательное состояние системы определяется на основе предшествующего процесса управления, т. е. на основе накопления опыта и «обучения».

Управление лесами может считаться адаптивным тогда, когда посредством управленческих решений последовательно достигаются цели ведения лесного хозяйства. При этом на каждом этапе происходит контроль состояния (эко)системы и коррекция (адаптация) управленческих решений. Предмет управления – лес, живет по законам лесообразовательного процесса. Он выполняет экологические функции и предоставляет экосистемные услуги. Посредством учета лесообразовательного процесса, а также лесных

функций управление лесом приобретает черты приспособления (адаптации). Отсюда следует, что адаптивное управление лесами формируется:

- на основе данных о лесах (прошлого и современного состояния);
- посредством оценки значимости ресурсных и экологические функций лесов;
- прогнозного состояния лесов и анализа сценариев хозяйственного вмешательства.

Посредством адаптивных управленческих решений последовательно корректируется состояние леса с получением в итоге насаждений с целевыми показателями. Какие насаждения при этом принимаются за целевые – вопрос, также требующий конкретизации. Полагаем, что в качестве целевого можно рассматривать насаждение, обеспечивающее максимально возможный положительный эффект от выполнения ресурсных и экологических функций (услуг). Таким образом, выбор оптимального сценария адаптивного управления осуществляется по критериям минимизации затрат и максимизации стоимости леса. Само же управление лесами осуществляется посредством лесохозяйственных мероприятий и является ответом на внешние воздействия, в качестве которых следует учитывать основные – естественные (лесные пожары, вредители и болезни леса, климатические изменения) и антропогенные (рубки, загрязнение природной среды). Экосистемно-ориентированное лесное хозяйство не имеет целью быстрого извлечения монетарного дохода. При переходе от использования леса как ресурса к ответственному управлению лесами эффективность лесного хозяйства должна возрастать [6].

Для безболезненного перехода России к устойчивому управлению лесами в ближайшей перспективе лесной отрасли Сибири необходимо ориентироваться на более широкое внедрение модели интенсивного использования и воспроизводства лесов, которая предполагает повышение продуктивности лесов и комплексное использование лесных ресурсов. Такой подход невозможен без широкого применения достижений лесной науки, новейших технологий и технических средств. Особое внимание в связи с этим должно уделяться созданию опытных лесных хозяйств, в которых должны апробироваться передовые технологии.

Необходимо формирование и проведение лесной политики, соответствующей государственным интересам, учитывающей длительный жизненный цикл лесных экосистем, а не сиюминутные интересы отдельных корпораций и ведомств. 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 условиях быстро меняющихся общественных и экономических отношений совершенствование лесного законодательства неизбежно. В то же время принципиальные положения научно обоснованного лесного хозяйства должны оставаться постоянными, «вечными», как сам процесс лесовыращивания. Резких поворотов в лесной политике и лесном законодательстве не должно повторяться. К приоритетам правильного лесного хозяйства относятся обеспечение ресурсооборота, т. е. сбалансированного лесопользования и лесовосстановления, обеспечивающих неистощимость лесов; приоритет древесины как главной цели хозяйства, с запасом которой и ресурсооборотом связаны средорегулирующие, средостабилизирующие и рекреационные функции леса; учет длительности лесовыращивания и необходимости вложения в него средств, отдача от которых в ближайшие годы невозможна, а окупаемость возможна лишь через многие десятилетия; приоритет общественных, гражданских интересов в лесопользовании.

Лесному хозяйству необходимо в полной мере использовать потенциал научных организаций для разработки эффективных способов борьбы с негативными процессами и явлениями в лесах Российской Федерации (борьба с лесными пожарами, защита от вредителей и болезней, новые методы инвентаризации лесов, применение биотехнологий для переработки и утилизации отходов лесозаготовки и т. д.). В этом контексте следует рассмотреть вопрос о создании опытных лесных хозяйств с приданием им особого статуса, позволяющего апробировать инновационные методы ведения лесного хозяйства с последующим распространением положительного опыта. Особое внимание следует уделить вопросу специфики организации лесного хозяйства в защитных лесах, включая кедровые. Грамотное ведение хозяйства в этой категории лесов должно быть направлено на поддержание и усиление их защитных функций и одновременно не допускать неоправданных потерь лесной продукции, генерируемой защитными лесами.

Длительный период воспроизводства в лесном хозяйстве показывает необходимость принятия решений, результаты которых будут проявляться много десятилетий спустя. Система действий должна быть нацелена на адаптацию лесов к прогнозируемым природным и экономическим изменениям. Долгосрочные прогнозы динамики лесного фонда необходимы, чтобы подтвердить правильность принимаемых решений в сфере управления лесами Российской Федерации.

*E-mail корреспондирующего автора: sokolovva@ksc.krasn.ru

Литература

1. Дубенок, Н.Н. Гидрологическая и санитарно-гигиеническая роль лесных насаждений в условиях изменения климата на примере лесной опытной дачи Тимирязевской академии / Н.Н. Дубенок, А.В. Лебедев // Передовые технологии и материалы будущего : сб. ст. Минск : БГТУ, 2021. – Т. 1. – С. 8–12.
2. Лебедев, Ю.В. Эколого-экономическая оценка лесов Урала / Ю.В. Лебедев. – Екатеринбург : УрО РАН, 1998. – 214 с.
3. Лопатников, Л.И. Экономико-математический словарь: словарь соврем. экон. науки / Л.И. Лопатников / Под ред. Г.Б. Клейнера. 5-е изд., перераб. и доп. М. : Акад. нар. хоз-ва при Правительстве Российской Федерации, Дело, 2003. – 519 с.
4. Нестеров, С.А. Адаптивные системы управления: Конспект лекций / С.А. Нестеров. – СПб. : Факультет технической кибернетики СПбГПУ, 2005. – 90 с.
5. Соколов, В.А. Основы управления лесами Сибири / В.А. Соколов. – Красноярск : Изд-во СО РАН, 1997. – 308 с.
6. Писаренко, А.И. О лесной политике России / А.И. Писаренко, В.В. Страхов. – 2-е изд., доп. и перераб. М. : ИД «Юриспруденция», 2012. – 600 с.
7. Соколов, В.А. Структура и динамика таежных лесов / В.А. Соколов, А.С. Аткин, С.К. Фарбер и др. – Новосибирск : Наука, 1994. – 168 с.
8. Фуряев, В.В. Лесные пожары в экстремальных погодных условиях Южной Сибири / В.В. Фуряев, Я.Н. Ишутин, М.В. Ключников, В.А. Черных // Лесное хозяйство. – 2012. – № 1. – С. 41–44.

DOI 10.21178/160524.318

УДК 630*1

Определение показателей оценки риска увеличения частоты вспышек массового размножения вредных организмов в лесах, вызванных климатическими изменениями

© А.О. Сорока^{1,2*}, И.С. Недбаев^{1,3}, Е.И. Семёнова^{1,2}

¹Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства,
Институтский пр-кт, 21, 194021, Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский лесотехнический университет им. С. М. Кирова, Институтский пер., д. 5,
194021, Санкт-Петербург, Россия

³Санкт-Петербургский государственный университет,
Университетская наб., д. 7–9, 199034, Санкт-Петербург, Россия

В статье предложены показатели, позволяющие оценить риск увеличения частоты вспышек вредителей и болезней леса в условиях изменения климата. Показатели отражают прогнозируемые и ретроспективные значения климатических факторов (соотношение тепла и влаги, выраженное через гидротермический коэффициент Селянинова), а также данные по площади очагов вредных организмов за прошедший период. Комплексная оценка приведенных факторов позволит определить уровень опасности данного риска на региональном уровне.

The article proposes indicators for assessing the risk of increased frequency of forest pest and disease outbreaks under climate change conditions. The indicators reflect the forecast and retrospective values of climatic factors (the ratio of heat and moisture expressed through the Selyaninov hydrothermal coefficient), as well as data on the area of pest outbreaks over the past period. The integrated assessment of these factors will allow to determine the degree of danger of this risk at the regional level.

Исследование воздействия климатических изменений на леса является одной из приоритетных задач для лесохозяйственной отрасли страны. По данным многолетних исследований, в лесах мира происходят значительные изменения и, по прогнозным оценкам, воздействие будет только усиливаться. Все это говорит о необходимости искать эффективные подходы к оценке климатических рисков для лесного хозяйства [1].

Для разработки согласованной и эффективной политики государства в отношении лесного хозяйства и его адаптации к климатическим изменениям, необходимо разработать показатели оценки климатических рисков. В рамках текущего исследования предложены показатели для оценки риска увеличения частоты вспышек вредных организмов в лесах.

Потепление климата будет способствовать аномальному распространению вредных организмов, в том числе в регионах, где они раньше не встречались. Исследователи со всего мира отмечают рост активности вредителей и болезней леса, увеличение их ареалов, а также появление инвазивных видов вредных организмов, которые могут привести к тяжелым последствиям для лесов [2].

В масштабах планеты к существенному увеличению интенсивности поражения лесов вредителями приводит совокупное действие трех факторов: рост климатической приспособляемости вредоносных видов, перемещение вредителей на новые места

обитания вследствие расширения торговли и способность вредителей адаптироваться благодаря широкому выбору деревьев-носителей. Помимо усиления этих факторов риска, тяжесть последствий от появления новых вредных организмов усугубляет то обстоятельство, что интродуцированные вредители зачастую приживаются там, где отсутствует обычный набор естественных врагов, сдерживающих их распространение. При этом под угрозу попадает генетическое разнообразие лесной популяции флоры и фауны.

Одними из климатических факторов, значительно влияющими на риски размножения вредителей и болезней леса, является изменение температуры и влажности, в первую очередь – засуха. Засухи наиболее часто по сравнению с другими климатическими факторами приводят к выходу популяции насекомого из состояния стабильности, приводя к росту его плодовитости, выживаемости, снижению эффективности естественных врагов и биологической устойчивости насаждений [3]. Исследования показывают [4], что для юга Европейской части России выявленные тренды динамики размножения тепло- и сухолюбивых видов (таких как златогузка, непарный шелкопряд) связаны с ухудшением гидротермических условий. С конца прошлого века произошло изменение зоны очагового распространения наиболее опасных насекомых, просматривается тенденция сдвигания ареалов вредителей в северном и восточном направлении.

Засушливая погода способствует размножению вредителей леса [5]. Засуха с мая по июль создает благоприятные условия для весенне-летней группы листо- и хвоегрызущих вредителей. Засушливая погода июля–сентября создает благоприятные условия для развития вредителей, питающихся в эти месяцы. Вспышка массового размножения после засухи может наиболее быстро реализоваться у вредителей с двойной генерацией (обыкновенный и желтоватый сосновые пилильщики), которые могут нанести первые сильные повреждения уже через 1,5 года, несколько медленнее у вредителей с однолетней генерацией и растянутым периодом личиночной стадии (до 3-4 лет).

Одним из последствий засухи является ослабление древостоя, что может приводить к частичной гибели деревьев и увеличивать уязвимость к воздействию вредителей. Вспышки насекомых и болезней леса, возникающие вследствие неблагоприятной климатической обстановки, может вызвать серьезные изменения в структуре смертности насаждений и, как следствие, изменить функционирование и динамику экосистемы [6].

В таблице 1 представлены показатели, характеризующие риск увеличения частоты вспышек вредных организмов. Критериями оценки в данном случае выступают как факторы климата (изменение соотношения температуры и влажности, выраженные гидротермическим коэффициентом), так и статистические лесохозяйственные показатели, отражающие подверженность территории данному риску и его интенсивность воздействия. Показатели следует рассчитывать на основании многолетних наблюдений (не менее 10 лет), для составления объективной картины о текущем уровне риска.

Таблица 1

Значения показателей оценки риска увеличения частоты вспышек массового размножения вредных организмов в лесах, по уровням опасности

Показатель риска	Уровень опасности			
	Чрезвычайно опасный	Весьма опасный	Опасный	Умеренно-опасный
Сумма значений прогнозируемого изменения ГТК Селянинова и климатической нормы (не менее 30 лет), ед.	0-0,4 Более 2	0,5-0,7	0,8-1	1,1-1,3

Относительная площадь очагов вредных организмов от площади лесов субъекта, %	Более 20	10-19,9	2-9,9	0,5-1,9
Процент повторяемости вспышек массового размножения вредных организмов на территории более 0,5 % от площади лесных земель, %	61-100	41-60	20-40	Менее 20

Комплексным показателем, отражающим соотношение температуры и влажности, является гидротермический коэффициент Селянинова. Расчет гидротермического коэффициента Селянинова проводится за период активной вегетации растений (период, при температуре воздуха более 10 °С), и отражает соотношение тепла и влаги за исследуемый период. Разной степени увлажнения соответствуют следующие градации гидротермического коэффициента, по Г.Т. Селянинову: $ГТК < 0,4$ – очень сильная засуха; $0,5 \leq ГТК < 0,7$ – средне засушливо; $0,7 \leq ГТК \leq 1,0$ – недостаточно влажно; $1,0 \leq ГТК \leq 1,3$ – слабо засушливая, $1,4 < ГТК \leq 2,0$ – достаточно влажно; $ГТК > 2,0$ – переувлажнено. Таким образом, можно выделить пороговые значения для лесных экосистем бореальной зоны, где выход за оптимальный уровень увлажнения будет негативно сказываться на фитосанитарном состоянии.

По прогнозным данным на середину текущего столетия (прогнозы главной геофизической обсерватории имени А.И. Воейкова), изменение значения гидротермического коэффициента Селянинова будет наблюдаться на территории всей страны. В среднем, изменения незначительные (в пределах $\pm 0,01$), но в ряде субъектов ожидается сильное повышение (на $+0,3$), либо снижение данного показателя (на $-0,2$). Прогнозируемые изменения следует учитывать при оценке климатического риска. Это можно сделать путем суммирования расчетных значений прогнозного показателя и настоящей климатической нормы (среднее значение показателя за последний тридцатилетний период).

Масштабы воздействия вспышек вредных организмов на леса субъекта РФ отражает показатель относительной площади очагов вредных организмов к общей площади лесов субъекта, выраженный в процентах. Данный показатель имеет значительный разброс как от субъекта к субъекту, там и во времени на территории одного региона. По ранее проведенным расчетам ФБУ «СПбНИИЛХ», данный риск может изменяться от 0% до 68% (Краснодарский край), в среднем достигая значения 2,8 % за период наблюдений. По литературным источникам [3], представлена шкала, где 20 % и более – чрезвычайно опасный уровень, менее 2 – умеренный, что, в целом, согласуется с проведенными ранее исследованиями.

Последний показатель характеризует повторяемость вспышек массового размножения вредных организмов в лесах на территории, выраженный в отношении количества лет, когда фиксировались вспышки массового размножения вредных организмов, отнесенные к опасному уровню, ко всему периоду наблюдений.

Разработанные показатели оценки риска увеличения частоты вспышек массового размножения вредных организмов в лесах могут быть использованы на региональном уровне при планировании мероприятий по адаптации к изменениям климата в субъектах Российской Федерации.

*E-mail автора для переписки: a.soroka@spb-niilh.ru

Литература

1. Константинов, А.В. Сценарный подход к адаптации лесных экосистем российской федерации в условиях изменений климата / А.В. Константинов // Известия Российской академии

наук. Серия географическая. – 2023. – Т. 87, №4. – С. 558–567. – DOI 10.31857/S2587556623040039.

2. Vindstad, O.P.L. et al. Can novel pest outbreaks drive ecosystem transitions in northern-boreal birch forest? // *Journal of Ecology*. – 2019. – Т. 107, № 3. – С. 1141-1153.

3. Лямцев, Н.И. Методы прогнозирования угрозы вспышек массового размножения хозяйственно опасных лесных насекомых : текстовое электронное издание / Н.И. Лямцев. – Пушкино : ВНИИЛМ, 2023. – 62 с.

4. Лямцев, Н.И. Влияние изменения климата на распространение очагов хвое- и листогрызущих насекомых / Н.И. Лямцев // *Труды Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства*. – 2011. – № 1 (24), Ч. 1. – С. 247–251.

5. Тимченко, Г.А. Справочник по защите леса от вредителей и болезней / Г.А. Тимченко, И.Д. Авраменко, Н.М. Завада [и др]. – Курск : Урожай, 1988. – 224 с.

6. De Grandpré, L. et al. Adverse climatic periods precede and amplify defoliator-induced tree mortality in eastern boreal North America // *Journal of Ecology*. – 2019. – Т. 107, № 1. – С. 452-467.

DOI 10.21178/160524.322

УДК 630*9

Технологии лесовосстановления и лесоразведения: вчера и сегодня

© С.Н. Сорокин*

*ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства»
Институтский пр., д. 21, Санкт-Петербург, 194021, РФ*

В настоящей работе дан краткий экскурс, сравнение состояния дел в лесном хозяйстве, в частности, в сфере лесовосстановления и лесоразведения в до- и постперестроечный периоды жизни страны. Отмечено, что технологический уровень в лесокультурной практике за последние четверть века остался на уровне 50-70-летней давности, при этом, научные изыскания, на сей счет, проводятся, но, в силу искаженной системы управления и финансирования наукой и практикой, они ведутся разрозненно, оставляя незаполненными целые лакуны, результаты исследований «живут» на страницах журналов, но не в лесохозяйственной практике.

In this work, a brief overview is given, comparing the state of affairs in forestry, particularly in the areas of afforestation and reforestation, during the pre- and post-Perestroika periods of the country's life. It is noted that over the past quarter century the technological level in silvicultural practice has remained at the level of 50-70 years ago. Scientific research in this regard is conducted, but due to a distorted system of management and financing of science and practice, they are carried out sporadically, leaving entire gaps unfilled. The results of the research exist on the pages of journals, but not in forestry practice.

Вчера. Конец XX века

Благодаря героическим усилиям советских людей по восстановлению народного хозяйства страны после тяжелейших годин и послевоенных успехов, в т. ч. в «...области балета...», *лесное хозяйство* Советского Союза с четкой, хорошо отлаженной структурой государственного управления лесами, профессиональным кадровым наполнением, высоким уровнем развития лесной науки и практическим применением накопленных знаний, представляло собой лучший мировой образец - с учетом огромных площадей, занятых лесами и разнообразием природно-климатических условий их произрастания. Начиная с «петровских времен», важнейшей задачей, стоящей перед лесным хозяйством России, решению которой уделялось особое внимание, признавалась - лесовосстановление. Трудями великих русских ученых-лесоводов: М.К. Турского, В.Е. фон Граффа, К.Ф. Тюрмера, А.А. Колесова, В.Д. Огиевского, Б.И. Гузовского, Г.Ф. Морозова, Г.Р. Эйтингена и многих других, были заложены основы лесосеменного и лесокультурного дела в нашей стране с позиций определения состава и оптимальной густоты посева и посадок различных древесных пород в различных условиях произрастания, способов и техники создания лесных культур, агротехники их выращивания. Все это послужило мощным фундаментом для дальнейшего развития не только данных, но и иных направлений лесоводственной и сопредельных наук и практики замечательной плеядой советских ученых: в области лесной типологии, лесоэксплуатации, механизации лесохозяйственных работ и питомнического дела, микологии, биоценологии, экологии.

Лесовосстановление

Восстановление лесов после лесозаготовки или природных катаклизмов свелось к трем основным направлениям: естественное, искусственное и комбинированное, сиречь, с созданием лесных культур. В Советском Союзе на долю лесных культур приходилось до 80% предназначенных для лесовосстановления площадей, под естественное заращивание оставлялись участки, в основном, после рубок главного пользования в низкобонитетных насаждениях или сплошных санитарных рубок на переувлажненных, заболоченных участках леса, в неудобьях, значительно реже – на прогалинах с небольшой площадью (от 0,1 га до 0,3-0,5 га в зависимости от группы или категории защитности лесов). С середины прошлого века более активно стало развиваться направление содействия естественному возобновлению. Тому способствовали не столько экономические предпосылки, но более задачи повышения водоохранной и иной роли защитности лесов. С этой целью разрабатывались новые способы лесозаготовки: создавались оптимальные схемы выборочных, постепенных и технологий проведения сплошнолесосечных, а также, рубок реконструкции с задачей максимального сохранения подроста хозяйственно ценных пород, давались рекомендации по проведению дополнительных мероприятий для ускоренного естественного возобновления леса, таких как минерализация почвы на участках без подроста, создание *частичных* лесных культур на открытых участках или под пологом леса – эти мероприятия четко увязывались с календарными сроками проведения работ, периодами плодоношения тех или иных пород. Но главное внимание - учитывая объемы лесозаготовки в стране, площадей, выходящих после сплошных рубок или образующихся в результате стихийных катаклизмов, объемов работ по созданию лесозащитных полос – уделялось вопросам создания лесных культур на открытых площадях, созданию расчетно-технологических карт (РТК). Работа велась одновременно по нескольким направлениям.

Лесосеменное дело:

- решались проблемы прогнозирования и учета урожайности семян хозяйственно ценных (в первую очередь, древесных) пород [32, 43];
- работниками лесничеств в текущей работе и таксаторами при проведении лесоустроительных работ выявлялись и ставились на учет (для последующего сбора семян) эталоны и плюсовые деревья; выделялись плюсовые насаждения, формировались временные лесосеменные участки (ВЛСУ) [26, 46];
- разрабатывались технологии сбора и механической обработки плодов и шишек с целью получения и отбора качественных семян, отрабатывались технологии их сушки и хранения, издавались методические указания и наставления определения всхожести и обработки семян при подготовке их к посеву, в т.ч. стимулирования прорастания и т.д.; проектировалось и выпускалось промышленностью соответствующее оборудование, технологические линии [42, 43];
- проводились работы по *селекции* растений по разным направлениям с учетом фенотипических особенностей, как морфологических (например, по цвету семян и форме семенных чешуй шишек, дисимметрии вегетативных и/или генеративных органов хвойных пород) [7, 8], так и генетических - созданием клонов растений с заданными требованиями, например, к прочностным свойствам древесины, скорости роста или устойчивости к тем или иным болезням (например, работы по зеленокорой форме, триплоидной осине и др.);
- продолжались, начатые еще в конце XIX века, работы по созданию испытательных и географических лесных культур, как основы лесосеменного районирования в стране, выращивания лесов с заданными хозяйственными функциями [17, 20, 33];
- по всей стране закладывалась сеть постоянных лесосеменных участков (ПЛСУ), организовывался регулярный сбор, хранение и использование элитных семян растений при лесовыращивании.

Во многом, подводящим итог проделанной за долгие годы работы, можно назвать достаточно добротный по содержанию документ, изданный ФСЛХ в 2000 году – «Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации» [47].

Лесокультурная практика:

- закладывались лесные питомники с выращиванием сеянцев с открытой корневой системой (ОКС) [22, 23], включая школьные отделения доращивания саженцев, создавалась и отработывалась технология выращивания сеянцев с закрытой корневой системой (ЗКС) [5, 13, 14, 24], оттачивались агротехнические приемы выращивания;
- проектировалась, усовершенствовалась и выпускалась промышленностью целыми «линейками»: автотракторная техника с разным классом тяги по ее назначению, технологическое оборудование для (разной степени) обработки почвы от луцильников и борон (в т. ч. тяжелых дисковых) до плугов (в т. ч. канавокопателей), ямкокопателей и корчевателей, лесопосадочного оборудования от простых мечей Колесова до разного типа и производительности лесопосадочных машин [1, 42];
- научными институтами разрабатывались РТК создания лесных культур для разных лесорастительных условий в разных лесорастительных зонах [34, 35, 42];
- проектирование лесовосстановительных работ на отдельных участках лесокультурной площади, лесных выделах осуществлялось (с каждым годом все более) профессиональными специалистами лесного хозяйства на основании РТК, но с учетом конкретного рельефа местности (как минимум, наличия тальвегов), почвенных условий, гидрологического режима, с соответствующим выбором техники и технологического оборудования, что в достаточном количестве присутствовали в лесхозах, уточнялся породный состав, схемы смешения, тип и количество посадочного материала;
- проводились, с каждым годом все в больших объемах, лесомелиоративные работы [4, 16], в том числе, гидромелиорация [25, 28], что, наряду с профессиональным решением расположения площадок или борозд (выполнявших одновременно функции осушителей и собирателей) под посадку сеянцев или саженцев правильно подобранных древесных пород, позволяло даже в сложных для лесовыращивания типах условий произрастания [42], например, в низкобонитетной согре, создавать отличные высокобонитетные еловые насаждения; работы по внесению минеральных удобрений также проводились, однако, не смотря на лесоводственную целесообразность, но учитывая в те времена экономические расчеты, она не получила должного подтверждения на практике, но послужило определенным заделом для создания лесосеменных плантаций [44];
- с 50-х годов стало активно развиваться направление изучения и уже (частичного) применения на практике – в тесной связи с микробиологами, микологами - симбиотических связей грибов с высшими растениями, роли бактерий и мезофауны в вопросах почвообразования, повышения устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды, особенно в стрессовых условиях произрастания [18, 21, 23, 51].

Лесоразведение

Опытные работы по созданию лесных культур на землях, «где лес не растет уже очень давно или не рос никогда», на нарушенных землях после горноработок и проч., начали проводиться уже в конце XIX века, но более активно стали проводиться в середине XX века, чему способствовали (в нашей стране) не только экономические предпосылки и возможности послевоенного периода, но и социальная составляющая: огромные накопленные и ежегодно пополняемые площади нарушенных земель, в первую очередь, от горных выработок, терриконов шлакоотвалов тепловых станций, нефтяных разливов и «хвостов» обогатительных фабрик резко ухудшали санитарное состояние окружающей среды, особенно рядом с местами проживания людей. Государство направило усилия различных ведомственных институтов, научных коллективов на изучение и решение проблемы возвращения подобных земель к естественному состоянию, восстановлению

природных ландшафтов. К концу периода была проделана колоссальная работа по классификации нарушенных земель по видам предыдущей хозяйственной деятельности, формам и типам образующихся рельефов, составам техногенных грунтов, их токсичности, изучению процессов самоорганизации посттехногенных природных гео- и экосистем, проектированию методов биомелиорации промышленных отвалов [15, 52, 53], в том числе, создания лесных культур: определялся породный состав, оптимальная густота посева и/или посадок различных древесных и кустарниковых пород (ДКР), схемы смешения в различных условиях произрастания, способов и техники создания лесных культур, агротехники их выращивания с решением, в том числе, вопросов борьбы с водной и ветровой эрозией. Но, несмотря на проделанную работу, необходимый результат не был достигнут, из года в год площади нарушенных земель в стране продолжали увеличиваться: государственной, четко прописанной программы по рекультивации нарушенных земель создано не было, как и необходимых нормативных документов, включая, создания новых ландшафтов, почвенных условий, технологических карт по лесоразведению применимо к различным лесорастительным условиям, направлениям рекультивации и т. д.

Не абсолютизируя достижения лесоводственной науки и лесохозяйственной практики в СССР к концу двадцатого века (конечно, не все проблемы были решены, уровень ведения лесного хозяйства по регионам еще не везде был одинаков), оглядываясь назад, можно с уверенностью констатировать, что вектор развития лесной науки, все более профессиональное кадровое наполнение как научных учреждений, так и всей лесной структуры, тесная связь науки с производством - все это открывало широкую перспективу к дальнейшему многостороннему развитию лесного хозяйства, профессиональному *воспроизводству* и сохранению лесов с учетом выполнения ими, в первую очередь, средообразующих, функций.

Сегодня. Наступил новый, XXI век

Он ознаменовался для нашей страны сменой общественно-экономической формации, кардинальной перестройкой государственного, в т. ч. отраслевого управления: для лесного хозяйства это означало переподчинение соответствующего Министерства – уже в ранге Федерального агентства (ФАЛХ) – под управление Министерства природных ресурсов. Логическим продолжением, обоснованием изменившихся социально-экономических отношений в обществе, когда приматом стали выступать рыночные отношения, рассматривания леса – в первую очередь – как сырьевого ресурса, стало появление в 2006г. Лесного кодекса (ЛК1) и 856-страничных Комментариев (КЛК) к нему с многочисленными последующими, вплоть до 2022 г. (ЛК22) внесенными изменениями. Документ устанавливал кто, в какой очередности, на каких (правовых) основаниях может брать «ресурс» в условиях рыночной экономики, какая будет ответственность за нарушения, кто за этим наблюдает и явился неким приложением или к «Гражданскому кодексу Российской Федерации» или к "Кодексу Российской Федерации об административных правонарушениях", в чем-то – к «Уголовному кодексу Российской Федерации», но он ничего не дал для поступательного развития лесного хозяйства в широком (профессиональном) понимании [41]. Прежняя, строго вертикальная структура *профессионального* управления лесной отраслью, лесной наукой - с появлением ЛК1и его главы 9 с пунктами передачи полномочий в области лесных отношений с федерального на уровень субъектов РФ и органов местного самоуправления - стала «размытой», во многом потеряла прежнюю функциональность, на место специалистов с профильным образованием, многолетним опытом работы – по призванию, все чаще, стали назначаться люди «случайные», с иными устремлениями, слабой профессиональной подготовкой или абсолютной некомпетентностью; не меньше пострадало, также, *управление* наукой: если в годы советской власти государство ставило перед наукой и производством масштабные задачи, решение которых распределялось между профильными научными учреждениями,

научными коллективами, что позволяло в небывало короткие сроки успешно решать грандиозные по замыслу задачи, то в новой системе управления каждый ученый в составе того или иного института («на уровне субъекта») пытается сам придумать такую задачу, стараясь приладить ее к объявленным стратегиям. Финансирование науки, странным образом, перестало быть направленным на *комплексное* решение практических задач, формирование прочных научных коллективов, подбор наиболее подготовленных, одаренных кадров, способных решать поставленные задачи, параллельно генерируя новые идеи, а сузилось на денежное обслуживание отдельных «лесных тем» и раздробилось между министерскими, всевозможными фондами и грантами. Подобная система привела к «мозаичности» научных изысканий, «распылению» государственных финансовых средств - что хорошо прослеживается в библиографии реферативных журналов - и не позволило решить накопившиеся или возникающие серьезные масштабные проблемы, например лесоразведения при рекультивации нарушенных земель, как и многие другие проблемы. Каков результат можно увидеть *в практике* лесного хозяйства, этом вечном «критерии истины», какие появились новые технологии, в первую очередь, в лесовосстановлении и лесоразведении, как это отразилось в нормативных документах?

В определенном смысле, «лакмусовой бумажкой» современного состояния лесного хозяйства, лесокультурного дела, могут служить терминологические ГОСТ 17559-82 (лесные культуры) с 99 терминами и определениями и ГОСТ 18486-87(лесоводство) со 126 (по несколько странно-суженному выбору авторов) терминами. Необходимость создания данных (и поныне действующих) ГОСТов включающих «...обязательные для применения во всех видах документации и литературы...» термины, не очень была понятна, т. к. предназначалась, очевидно, для работников лесного хозяйства, чьи знания опирались на прочный фундамент российской лесоводственной науки, а проверенная практикой терминология была хорошо известна и применялась давно и повсеместно. Немного отступая от темы, возникает далеко не философский, а вопрос практического плана: издавать терминологические госты с неким урезанным набором (достаточным, по мнению разных авторов) терминов и понятий, которые, не ясно зачем, бесконечно повторяются в разных интерпретациях в иных ГОСТах *или* издать *полный толковый словарь* терминов и определений по разделам науки, изредка дополняя его новыми, вошедшими в научно-практический обиход терминами и не засорять информационное пространство – примеры таких словарей, энциклопедий есть [29]. Следуя сложившейся традиции, ФГУП «ВНИИ СМТ», с учетом лесосырьевой направленности ЛК1, в 2015 г. решил расширить терминологический список, издав ГОСТ 56695-2015 «Возобновляемые источники сырья. Лесные ресурсы. Термины и определения», включив в него термины в количестве уже 273-х «...в порядке, отражающем систему понятий данной области знания», которые уже «...*рекомендуются* для применения...». Не придираясь к спорной «системе понятий», а скорее сумбурно-алфавитному порядку видно, что он частично повторяет предыдущие ГОСТы, неожиданно дополняя их – по выбору авторов: «валежник» - «буреломом», «афицидами» и, почему-то, «бульдозером» и проч.; вопреки привычному, появляются «выжигания в лесу», отсутствует «ерник» и «байрак», а «эдикаторы» заменяются на «растения-индикаторы», «эксплуатационные леса» меняются на «эксплуатируемые леса», появляются, выборочно, лесохимические термины (черный щелок, скоп). В 2017г. ФБУ «ВНИИЛМ» создает свой ГОСТ Р 57938-2017 «Лесное хозяйство. Термины и определения» с переизданием в 2020 г., ограничившись всего 66-ю терминами, которые, опять же, «...*рекомендуются* для применения...»: помимо странного «приложения» к понятию «лес» и прочих (на «вкус» составителя) выбранных из всего многообразия лесоводственной (лесохозяйственной) науки терминов, данный документ своими «рыночными» терминами скорее напоминает некое (словарное) приложение к ЛК1 и КЛК, но ничего не дающий ни лесоводственной науке, ни лесохозяйственной практике. Возможно, технологии лесовыращивания обогатились чем-то, что не отразилось в терминологических гостах, но в иных документах?

К известным ранее (если не отслеживать всю историю «от Ромула...») и действующим ныне ГОСТам на «Семена пород. Посевные качества. Технические условия»: 13854-78 (орехи), 13853-78 (бобовые), 13856-87 (граб, липа и др.), 14161-86 (семена хвойных), 13204-91 (косточковые и семечковые), 13857-95 (семена лиственных), (Р)51173-98 (семена ДКР), в которых регламентируется качество семян (чистота, влажность, хранение, всхожесть, отнесение к классу семян), добавлялся ГОСТ 24835-81 «Саженьцы деревьев и кустарников», в котором, по видам древесных пород в пределах лесорастительных зон, регламентируются качественные показатели в соответствии с возрастом (по сортам: высота сеянца, диаметр у корневой шейки, регламентируется приемка, упаковка, хранение транспортировка) - сей нормативный документ был не очень удачен в рекомендациях выращивания, в частности, хвойных пород (например, предложение выращивать лиственницу японскую и курильскую в европейской части России, но забыты лиственница даурская и другие виды, что значились в Указаниях по семеноводству, а также, отсутствие сосны погребальной; была привязка к лесорастительным зонам, но без типов условий произрастания). Однако, надо учесть, что госту сопутствовали соответствующие РТК создания лесных культур в пределах групп типов леса, а лесоустроительные инструкции регламентировали перевод несомкнувшихся лесных культур в лесопокрываемую площадь. Через 40 лет, в 2017 г. ФБУ ВНИИЛМ был выпущен сводный ГОСТ Р 58004-2017 «Лесовосстановление. Технические условия» с попыткой включения всего лесовосстановительного процесса от семян до перевода лесных культур в покрытую лесом площадь. Не отвлекаясь на короткий раздел «термины и определения»: Таблица № 1 – это перепев предыдущих гостов с той лишь разницей, что, объединив в одну таблицу требования к семенам и посадочному материалу, поменяв «зоны» на «районы» и, учитывая расширившуюся практику ускоренного выращивания сеянцев с ЗКС, убран параметр «возраст» и снижены требования к высоте сеянца. Спорным смотрится подбор основных лесобразующих пород, где напрочь исчезла из перечня береза пушистая (*Betula pubescens*) и по всему северо-востоку европейской части РФ (к посадке) рекомендуется береза бородавчатая (*Betula pendula*) – выглядит это странно, учитывая то разнообразие видов рода *Betula*, что предлагается к выращиванию на Дальнем Востоке; трудно объяснить предложение выращивать березу карельскую (*B. pendula* var. *carelica*) в южно-таежном районе европейской части РФ, но не в Карелии. Ареал распространения ели (*Picea*) в РФ почти аналогичен ареалу березы: от западных границ и далее на восток до Приморья, на севере от лесотундры до границы хвойно-широколиственных лесов на юге и состоит из трех (основных) близкородственных видов – е. сибирская (*P. obovata*), е. аянская (*P. ajanensis*) и е. европейская (*P. abies*) – принято, что ареал последней находится в европейской части до Урала, е. аянская занимает район Дальнего Востока и Хабаровский край, е. сибирская занимает пространство между ними, виды легко гибридизируются на границах ареалов, где, иногда, их выделяют в отдельные экотипы (климатопы), вследствие чего, рекомендации к посадкам в европейской части РФ ели сибирской, учитывая практическую направленность госта, вряд ли объяснимы, тем более, рекомендации к посадкам ели в лесостепной зоне. Похожая ситуация с лиственницей (*Larix*), что по своему ареалу весьма напоминает ареал ели и, похожим образом, ее ареал разделен между тремя близкородственными видами: лиственницей Сукачева (*L. sukaczewii* – что трактуется разными систематиками как подвид или ранг Л. сибирской, но, значительно чаще – как самостоятельный вид), занимающей западную часть ареала (Северо-Восток Европейской части РФ, Урал), лиственницей даурской (*L. dahurica*) – занимающей восточную часть ареала (вся Восточная Сибирь до Тихоокеанского побережья) и Л. сибирской (*L. sibirica*), занимающей центральную часть «общего ареала» – Западную Сибирь (Среднесибирское плоскогорье, горы Южной Сибири); на запад европейской части РФ заходит восточная часть ареала лиственницы европейской (*L. decidua*) и это деление на четыре основных лесобразующих вида РФ, признавая вполне как лесобразующую породу растущую на Курилах лиственницу

курильскую (*L. kurilensis*), а на Сахалине лиственницу тонкочешуйчатую или японскую (*L. leptolepis*) и даже принимая во внимание деление л. даурской на три географических экотипа (л. Чекановского (*L. czekanowskii*), л. Гмелина (*L. gmenilii*), л. Каяндера (*L. cajanderi*)), не смотря на множество их гибридных форм (особенно на «размытых» границах ареалов), не углубляясь в дендрологические особенности ряда дальневосточных – л. приморской, л. охотской, л. Любарского и л. ольгинской и западно-европейских эндемиков – л. польской, для европейской части РФ рекомендовать посадки л. сибирской не вполне корректно (и не понятно зачем), если четко не сослаться на конкретный сибирский регион происхождения семян, что прекрасно изложено в замечательных работах русских и советских лесоводов при закладке и изучении географических культур разных видов лиственницы (например, в Подмосковье) [17] и это надо знать и использовать, либо проводить, что было бы очень полезно, дальнейшие работы по испытательным и географическим культурам разных видов древесных пород в (из) разных лесорастительных условиях(й). Станным образом смотрится включение только двух видов из рода тополь (*Populus*): т. белый (*P. alba*) и т. черный (осокорь) (*P. nigra*) для лесостепной зоны – и это при большом разнообразии (устойчивых) гибридных видов тополей, выведенных учеными-генетиками и практиками за последние десятилетия и давно доказавших свою полезность при создании лесополос в лесостепной и зоне полупустынь; совсем не видно рекомендаций в создании культур осины (*P. tremula*) семенного происхождения как зеленокорой формы, так и выращенных на селекционной основе «*in-vitro*» – триплоидной, и не только с точки зрения сохранения высокопродуктивных коренных биоценозов, но и создания плантаций, получения высококачественной древесины весьма востребованной в разных производствах. Учитывая исправленную огрешность предыдущего госта и внесение в перечень пород сосну погребальную (*Pinus funebris* – в ранге гибрида или самостоятельного вида, учитывая заметные морфологические особенности: большое количество сучков в мутовке, разноразмерность хвоинок в пучке), учитывая высокие кольматационные способности корневой системы и засухоустойчивость данного вида, стоило рекомендовать ее к выращиванию в сибирских лесостепных районах в сухих борах по сопкам или на горных склонах. Для некоторых районов дан простой перечень пород без указания вида: береза, тополь, ива, ольха. Из положительного, стоит отметить распределение пород в пределах районов и зон по типам лесорастительных условий (ТУМ), но не учтены осушенные типы леса (что будут таковыми, пока работает гидромелиоративная система) и трудно согласиться с предложением выращивать сосну кедровую сибирскую или корейскую «для всех условий» (ТУМ). Понятно, что, в идеале, количество посадочных мест не должно зависеть от вида материала с ОКС или ЗКС, но от размера посадочного материала - сеянец или крупномерный саженец (в первую очередь, при создании культур на влажных и сырых ТУМ) – очевидно, но в таблице это не отражено. Данный ГОСТ появился не на «пустом» месте, ему предшествовал Приказ МПР РФ от 16 июля 2007 г. № 183 «Об утверждении Правил лесовосстановления» который помимо общей информации, которую обязан был знать каждый выпускник профильного (лесного) учреждения, предоставил прототип таблиц, перешедших в рассматриваемый ГОСТ, с нормативами, взятых из лесоустроительных инструкций, по переводу лесных культур и молодняков «к землям, покрытым лесной растительностью» и «способами лесовосстановления в зависимости от естественного лесовосстановления ценных лесных древесных пород». 29.12.2021 вышел (обновленный) Приказ МПР РФ № 1024 «Об утверждении правил лесовосстановления, состава проекта лесовосстановления, порядка разработки проекта лесовосстановления внесения в него изменений», состоящий (условно) из двух частей: первая – введение – как дополнение к ЛК1 с разъяснением, главным образом, «кто» должен восстанавливать «лесной ресурс», чтобы не «избыл» и вторая – повторение общей информации из своего предшественника с более подробным разъяснением «особенности проведения лесовосстановления» в лесных районах и таблиц с требованием к посадочному материалу

и переводу молодняков в лесопокрытую площадь. 30 июля 2020 г. вышел, так же, обновленный Приказ МПР РФ № 535 “Об утверждении Порядка заготовки, обработки, хранения и использования семян лесных растений”.... где аккуратно собрана [47] информация многолетней давности (почему и нет?). По тому же принципу составлены «Рекомендации по восстановлению ... молодняков...»[36], подробно рассматривать которые нет смысла: термины не совпадают с гостами, к подготовке лесокультурных площадей, предлагаемым для посадки породам, схемам смешения и т.д. много вопросов; для лесостепных и степных районов ничего нового также не предложено (ни в составе пород, ни биопрепаратов, ни влагоудерживающих и средств агрохимии и проч.), достаточно заглянуть в наставления и рекомендации 50-70-х годов [4, 16], но сам факт появления «свежего» документа с (Р)ТК уже отраден. Согласно ЛК1, появлялись попытки создания региональных РТК, но с тем же успехом [31]. Призыв последних лет – «1 га вырубил, 1 га посади» не конструктивен не только с лесоводственной точки зрения, и даже не в катастрофическом отставании технологий всего лесовосстановительного процесса во времени, но заключается в отсутствии стратегической задачи развития лесного комплекса – в отсутствие Закона о лесе с определением *сколько и какого леса должно быть и для каких целей* в Стране, с учетом выполнения ими, в первую очередь, средообразующих функций.

Ничего добавить к решению общей экологической задачи к возврату в биологический и хозяйственный оборот нарушенных земель вследствие антропогенного или природного воздействия на природные ландшафты не могут достижения по *лесоразведению* [41], в первую очередь, вследствие крайне слабой проработки и издания нормативной базы. Пожалуй, из довольно большого перечня постановлений, приказов и гостов, которые можно отнести к рекультивации, восстановлению биоценозов посттехногенных ландшафтов (оставляя «за скобками» спорный опыт терминологических опусов) можно выделить два, вышедших почти одновременно, документа: ГОСТ Р 57446-2017 «Реконструкция нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия» и ГОСТ Р 57447-2017 «Наилучшие доступные технологии. Реконструкция земельных участков загрязненных нефтью. Основные положения» (оба разработаны ФГУП «ВНИИ СМТ» и ООО «ИНЭКО»), при этом, последний, вышедший как часть *из серии* с многообещающим названием «НДТ» (одно перечисление таковых займет «страницы») чуть ли не единственный, где есть что-то от обещанных «технологий», но которые, по сути своей, скорее, больше похожи на научные статьи с общим посылом «если хочешь что-то сделать, надо делать хорошо и современно», что, в принципе, верно, но трудно назвать гостами, а *простая ссылка* на Постановление Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 г. № 1458 «Методические рекомендации по определению технологии в качестве наилучшей доступной», утвержденных Приказом МПР РФ от 31 марта 2015 г. № 665, все же, не достаточна, чтобы стать по-настоящему рабочим документом, каким и должен быть ГОСТ. Мало что дало, в практической части, Постановление Правительства РФ от 10.07.2018 г. № 800 "О проведении рекультивации и консервации земель", как и Приказ МПР РФ от 20.12.2021 г. № 978 «Об утверждении Правил лесоразведения, формы, состава, порядка согласования проекта лесоразведения, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесоразведения», как документы суть формализующие, малоконкретные для производства, скорее, «общего плана». Наилучшим рабочим документом, на сегодняшний день, в части рекультивации нарушенных земель (РекНЗ) с последующим лесоразведением являются - составленные группой авторов (под общей редакцией Ю.А. Манакова) и вышедшие в 2017 г. в Кемерово – «Методические рекомендации по лесной рекультивации нарушенных земель на предприятиях угольной промышленности Кузбасса». Надо отдать должное, оба ГОСТа, а главное – «Методические рекомендации ...», несмотря на наличие некоторых не заполненных «лакун» по ряду вопросов – яркий пример и серьезный практический шаг к созданию

(будущей?) серии *рабочих* гостов, методических рекомендаций с технологическими картами по РекНЗ и, если требуется, последующему лесоразведению. Однако, это остается частным случаем и если некая организация (не в Кузбассе) решится *качественно* провести работы по лесоразведению, их поиски – в массе нормативных документов – «как это сделать правильно», напомним цитату классика «... та же добыча радия. В грамм добыча, в год труды».

Подводя итог сказанному, приходится констатировать, что в *лесовосстановлении* все осталось на уровне 50-70 годов прошлого века с той лишь разницей, что:

- в лесосеменном деле практически прекратилась работа по поиску и учету эталонов и плюсовых деревьев, закладке новых географических культур, ЛСП и ПЛСУ; уход за ними, *сбор* и *сортировка* плодов и\или шишек и семян (по важным признакам) с них, как и с ВЛСУ, организован, зачастую, плохо или не ведется вовсе, вследствие чего, семена в лесные питомники поступают часто с любых, в т.ч. минусовых деревьев и, в лучшем случае, с соответствующего лесосеменного района, а уровень ни механизации, ни автоматизации данных работ никак не соответствует наступившим временам, хотя научные работы - по сортировке семян передовыми методами, включая рентгеновские [9], по их предобработке перед посевом, помимо уже «классических», с использованием, например, электромагнитного поля, лазера [27, 39, 45] и проч. [11, 30] – в литературе встречаются достаточно часто, но не в методических или нормативных документах;

- в лесокультурной практике дела обстоят, так же, не лучшим образом: в питомниках с выращиванием сеянцев с ОКС практически исчезли школьные отделения, в агротехнике выращивания крайне редко применяются (или не применяются вовсе) современные биопрепараты, удобрения (на основе, в т. ч. хелатных комплексов, с кремниевыми препаратами), как и при выращивании сеянцев с ЗКС: основы, заложенные замечательными советскими и, особенно, ленинградскими учеными, не получают должного развития (например, динамика потребления различных микроэлементов в процессе раннего онтогенеза разных пород ДКР и проч.), не смотря на достаточно современное оснащение питомников тепличными комплексами – во многом уже – и российско\беларусского производства; тяжелое наследие повального импорта последней четверти века, безразличие профильных министерств к нуждам лесного хозяйства, на долгие четверть века практически лишило его (массовой) не только отечественной, но и, в последние годы, далеко не совершенной импортной техники. Героические попытки ряда российских производителей техники восстановить производство лесных плугов, канавокопателей, лесопосадочной техники и проч. [37, 55], наряду с новой системой хозяйствования в лесах, когда приматом выступает «экономическая целесообразность», с убогой оснащенностью большинства арендаторов лесохозяйственными орудиями и механизмами, не меняет ситуации в целом; формализм, основанный на минимизации затрат на проведение лесохозяйственных работ помноженный на падающий из года в год уровень профессиональной подготовки лесных работников, прочно угнездился в проектах лесных культур с редким или отсутствующим учетом рельефа, разных типов леса или лесорастительных условий на больших делянках, в подборе, смешении пород, типа посадочного материала и количества посадочных мест и т. д.; гидролесомелиоративные работы не только, почти, прекратились, но и содержание существующей сети практически не проводится [10] что, наряду со скверным регулированием численности диких животных в новоявленных охотхозяйствах, приводит к значительным подтоплениям площадей, гибели лесных культур или переводит лесокультурные площади, с учетом отсутствия необходимых средств механизации, нарушении технологии лесовыращивания, в малопродуктивные; объемы лесомелиоративных работ, с потерей значительных площадей защитных полос в результате естественного старения и выпадения древостоев [49], пожаров, перерубов – «на региональном уровне», сокращения финансирования и т. д. крайне не достаточны и по эффективности отстают от работ предыдущего века по известным причинам;

- в практике лесоразведения также наблюдается многолетнее «топтание на месте» и дело не только в отсутствии государственных программ, начиная с регионального уровня с четко прописанными объемами работ по рекультивации нарушенных земель разного генезиса, отсутствует необходимый набор рабочих инструментов – ГОСТов по всем составляющим: от формирования новых ландшафтов в зависимости от направления последующего использования данных земель, начиная с проектирования рельефа, учета лесорастительных и создания почвенных условий, включая формирования нового плодородного слоя почвы (ПСП), в т. ч., например, с использованием осадков сточных вод (как коммунальных, так и смешанных) вкупе с мелиорантами [40], с применением биопрепаратов (не только бактерий, грибов, но и внесения «минимально-достаточных» видов протозоа, мезофауны, в первую очередь, дождевых червей, фитофагов и хищников из членистоногих), создания специализированной техники, до разработки технологических карт создания лесных культур при лесоразведении, скорейшего восстановления биогеоценоза – но это отдельная тема для рассмотрения. Было бы совсем не верно думать, что произошла полная стагнация по всем перечисленным направлениям, поскольку научные изыскания, за счет разных источников финансирования, проводились и проводятся, хоть и достаточно разрозненно, оставляя незаполненными целые лакуны, но результаты исследований остаются на страницах журналов, но не в лесохозяйственной практике [2, 3, 6, 12, 19, 38, 48, 50, 54].

Выводы

Глубокий разлом, произошедший между интересами нарожденного частного бизнеса и общенародными, государственными интересами выглядит очень просто: частник должен получить максимальную выгоду из полученного «ресурса» и максимально минимизировать затраты на его восполнение, выводя прибыль в одном ему известном направлении, а государство должно создать условия, чтобы справедливая часть от дохода от использования природных ресурсов вернулась в природу – в этом, как минимум, суть существования МПРиЭ и МПит РФ, как и прочих гос.структур. Что же надо сделать, чтобы технологии, качество работ по лесовосстановлению и лесоразведению соответствовали наступившим временам, способствовали скорейшему восстановлению биогеоценозов?

1. Следуя призывам последних корифеев лесоводственной науки – академика А.С. Исаева, член-корреспондента РАН А.А. Сирина, профессионалов-лесоводов страны – восстановить «прямую вертикаль» государственного управления лесами; разработать «Закон: леса России» с определением сколько и какого леса должно быть и для каких целей в стране, с учетом выполнения ими, в первую очередь, средообразующих функций.

2. Необходимо вернуть выполнение всего комплекса лесохозяйственных мероприятий и, в первую очередь, лесовосстановление и лесоразведение, в гос.структуры – лесхозы, оставив арендаторам лесопромышленную и прочую хозяйственную деятельность.

3. Управление наукой должно вернуться с уровня отдельно взятого научного учреждения, на «высокий» государственный уровень с постановкой, как масштабных задач – под эгидой РАН – с распределением разделов (задач) по министерствам и, далее, среди профильных научных учреждений, научных коллективов (например, вопросы рекультивации нарушенных земель с распределением задач между МПРиЭ, МПит и др.), так и задач уровня отраслевого министерства с их постановкой и распределением ответственности между подведомственными научными учреждениями в федеральных округах с соответствующим общим и целевым финансированием.

4. Восстановить работу по разработке или обновлению региональными НИИЛХам (в содружестве с профильными учебными учреждениями) технологических карт выращивания ОКС и ЗКС, а также создания лесных культур (с учетом всех достижений современной науки в сопредельных областях, почвоведении, микробиологии и т. д.) в

пределах разных лесорастительных зон для разных ТУМ, а для (современных) лесничеств (для работы на незакрепленных участках) – расчетно-технологических карт во избежание проблем с надзорными органами.

5. В ближайшие 5-10 лет МПРиЭ РФ должно интенсифицировать работы по изучению природного состава микробиоты, протозоа и мезофауны в разных ТУМ в пределах разных лесорастительных зон, восстановить\расширить сеть биологических лабораторий по производству биоматериала для последующего его применения при РекНЗ.

6. В ближайшие 5-10 лет МПРиЭ, МПит РФ должны сосредоточить усилия на создание нормативной базы рекультивации нарушенных земель по всем направлениям, в т.ч. созданием технологических карт лесоразведения при создании новых ландшафтов в пределах лесорастительных зон и новых ТУМ в зависимости от конечной цели проводимых мероприятий.

7. Необходимо восстановить строгое отношение к самому понятию ГОСТ, как рабочему инструменту, насыщению его *конкретной* информацией, не создавать информационный «шум», значительно сократить число документов «рассудительного плана» или объединить таковые, дополнив их, в соответствии с тематикой, нормативными требованиями.

8. МПит РФ должен, наконец, озаботиться разработкой новых образцов специального оборудования для лесных питомников (начиная с сортировки семян и плодов и далее), а также, лесохозяйственной техники, в первую очередь, для нужд рекультивации нарушенных земель с учетом всех особенностей работ от завоза и размещения ПСП, посадке, уходу за лесонасаждениями, до перевода в лесопокрытую площадь.

9. МПРиЭ, МПит, налоговые органы РФ должны переломить систему «сверх лояльного» отношения к горнорудным и перерабатывающим компаниям при использовании природных богатств России и получению сверхприбылей, направив справедливую их часть на скорейшее возобновление природных экосистем.

10. Ни одна из поставленных задач не будет по-настоящему решена без восстановления системы и повышения уровня образования в профильных образовательных учреждениях.

*E-mail автора для переписки: ssn1007@mail.ru

Литература

1. Албьяков, М.П. Справочник механизатора лесного хозяйства / М.П. Албьяков, Г.П. Ильин, Г.Б. Климов [и др.]. – М. : Лесная промышленность, 1977. – 296 с.
2. Андроханов, В.А. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка / В.А. Андроханов, В.М. Курачев. – Новосибирск : изд. СО РАН, 2010. – 220 с. – ISBN 978-5-7692-1084-6.
3. Антонов, Г.И. Влияние инновационных биоудобрений на биологическую активность почвы и подрост сосны обыкновенной после рубок и пожара / Г.И. Антонов // Сибирский лесной журнал, – 2023. – № 4. – С. 12–25. – DOI: 10.15372/SJFS20230402.
4. Брауде, И.Д. Закрепление и освоение оврагов, балок и крутых склонов / И.Д. Брауде. – М. : Сельхозгиз, 1959. – 283 с. – ISBN 978-5-9221-1028-0.
5. Брокс, Я.Я. Актуальные вопросы использования торфа в производстве лесокультурного посадочного материала с необнаженной корневой системой : Торф в лесном хозяйстве / Я.Я. Брокс. – Рига : Зинатне, 1977. – С. 69–77.
6. Брындина, Л.В. Микоризообразующие грибы в формировании биогеоценозов : аналитический обзор / Л.В. Брындина, Ю.И. Арнаут, О.И. Алыкова // Лесотехнический журнал. – 2022. – Т. 12, № 1 (45). – С. 4–20.
7. Голиков, А.М. Величина семян и рост однолетних тепличных сеянцев ели / А.М. Голиков, Н.А. Кирюхина. – Л. : ЛенНИИЛХ, 1984. – С. 16–21.

8. Голиков, А.М. О влиянии условий произрастания и сроков начала прироста на рост дисимметричных форм ели / А.М. Голиков // Технология создания и экологические аспекты выращивания высокопродуктивных лесных культур— СПб. : ЛенНИИЛХ, 1992. – С. 65–68.
9. Демьянчук, А.М. Потенциальные возможности и перспективы рентгеновской диагностики семян лесных растений для сепарации на основе компьютерного анализа / А.М. Демьянчук, А.В. Жигунов // Инновации и технологии в лесном хозяйстве : Материалы международной научно-практической конференции, 22–23 марта 2011 г. – СПб., СПбНИИЛХ , 2011. – С. 57–58.
10. Добрынин, Ю.А. Восстановление работоспособности гидролесомелиоративных систем / Ю.А. Добрынин, М.И. Юхнин // Известия Лесотехнической академии. – 2012. – Вып. 199. – С. 44–52.
11. Дружинин, Н.А. Лесоводственно-селекционная оценка осинников на разных стадиях их онтогенеза / Н.А. Дружинин, Ф.В. Дружинин, В.В. Ершова, Д.М. Корякина // Вестник Бурятской ГСХА. – 2021. – № 3 (64). – С. 75–82.
12. Евдокимов, И.В. Ризосферный эффект и структура бактериального сообщества в горизонтах подзолистой почвы под растениями ели обыкновенной (*Picea abies* L.) / И.В. Евдокимов, М.В. Семенов, С.С. Быховец. – М. : Почвоведение, 2023. – № 1. – С. 35–45.
13. Жигунов, А.В. Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой / А.В. Жигунов. – СПб. : СПбНИИЛХ, 2000. – 293 с.
14. Игаунис, Г.А. Биологические основы ускоренного выращивания сеянцев древесных пород / Г.А. Игаунис. – Рига : «Зинатне», 1974. – 129 с.
15. Каар, Э.В. Рациональное природопользование и уход в ландшафтах в районах горных разработок / Э.В. Каар // Лесохозяйственная рекультивация в сланцевом бассейне Эстонской ССР в сб.. – Тарту : Тартуский государственный университет, Научные труды по охране природы – 1989. – Т. 10. – С. 22–29.
16. Калиниченко, Н.П. Лесомелиорация овражно-балочных систем / Н.П. Калиниченко, В.В. Ильинский. – М. : Лесная промышленность, 1976. – 200 с.
17. Корешков, Н.В. Географические культуры лиственницы / Н.В. Корешков, Е.А. Царева. – СПб. : Научное издание технологий, 2021. – 413 с. – ISBN 978-5-6047314-8-2.
18. Криволицкий, Д.А. Почвенная фауна в экологическом контроле / Д.А. Криволицкий. – М. : Наука, 1994. – 272 с. – ISBN 5-02-005728-2.
19. Левин, С.В. К вопросу о развитии лесосеменных плантаций кедра сибирского вегетативного типа создания в Республике Алтай / С.В. Левин // Биотехнология и общество в XXI веке : сборник статей ; под ред. М.М. Силантьевой. – Барнаул : изд-во Алтайского ун-та. 2018. – С. 418–431.
20. Лесосеменное районирование основных лесообразующих пород в СССР / Государственный комитет по лесному хозяйству ; под ред. А.И. Михайловой – М. : Лесная промышленность, 1982. – 368 с.
21. Лобанов, Н.В. Микотрофность древесных растений / Н.В. Лобанов – М. : Лесная промышленность, 1971. – 216 с.
22. Маттис, Г.Я. Интенсификация выращивания посадочного материала для защитного лесоразведения / Г.Я. Маттис. – М. : Лесная промышленность, 1976. – 144 с.
23. Наставление по выращиванию посадочного материала древесных и кустарниковых пород в лесных питомниках РСФСР / под ред. Л.И. Степанова [и др.]. – М. : Лесная промышленность, 1979. – 175 с.
24. Огиевский, Д.В. Применение минеральных удобрений при выращивании посадочного материала в теплицах : Методические рекомендации / Д.В. Огиевский, А.В. Жигунов. – Л. : ЛенНИИЛХ, 1982. – 40 с.
25. Основные положения по гидролесомелиорации : утв. Федерал. службой лесн. хоз-ва России 10.01.95. – СПб. : СПбНИИЛХ, 1995. – 58 с. – ФВ 2 95-24/1129.
26. Основные положения по лесному семеноводству в Российской Федерации : утв. Федерал. службой лесн. хоз-ва России 23.12.93. – М. : Всерос. научно-информ. центр по лесн. ресурсам, 1994. – 21 с. – ФВ 3 94-5/1896.
27. Острошенко, В.В. Влияние стимуляторов на всхожесть семян и рост сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) / В.В. Острошенко, Л.Ю. Острошенко // Лесной журнал. – 2023. – № 4. – С. 93–104.

- 28.Острошенко, В.В. Эффективность проведения лесомелиорации на юге Дальнего Востока / В.В. Острошенко, Л.Ю. Острошенко // Лесные экосистемы Северо-Восточной Азии и их динамика. – Владивосток : Дальнаука, 2006. – С. 130–131.
- 29.Охрана ландшафтов : толковый словарь / ред. Т.А. Ольсевич ; сост. М. Данева, К. Мишев, Х. Барш [и др.]; АН СССР, Болгарская акад. наук, Акад. наук ГДР [и др.]. – М. : Прогресс, 1982. – 272 с. – ФВ В 83-30/44.
- 30.Пастухова, А.М. Применение различных компонентов драже при предпосевной обработке семян ели сибирской / А.М. Пастухова, В.А. Устюгова, В.А. Кочева, Н.С. Третьякова // Хвойные бореальной зоны. – 2020. – Т. 38, № 5, 6. – С. 265–270.
- 31.Приказ об утверждении расчетно-технологических карт для исчисления размера вреда, причиненного лесам вследствие нарушения лесного законодательства от 10.10.2011 № 785 : РАЛХ Республики Бурятия. – Респ. Бурятия, 2011.
- 32.Наставление по лесосеменному делу в Российской Федерации : утв. приказом Федеральной службы лесного хозяйства России от 23.12.93 № 338. – М. : ФСЛХ РФ, 1993.
- 33.Проказин, Е.П. Изучение имеющихся и создание новых географических культур : Программа и методика работ / Е.П. Проказин. – Пушкино : ВНИИЛМ, 1972. – 52 с.
- 34.Расчетно-технологические карты для выращивания посадочного материала и производства культур хвойных пород на основе промышленных методов на вырубках в лесной зоне СССР. – М. : ЦБНТИлесхоз, 1987. – 60 с.
- 35.Расчетно-технологические карты на создание лесных культур на вырубках в южнотаежных и хвойно-широколиственных лесах европейкой части РСФСР. – М. : ВНИИЛМ, 1991. – 30 с.
- 36.Рекомендации по восстановлению искусственным и комбинированным способами хвойных и твердолиственных молодняков на землях лесного фонда / С.А. Родин [и др.] ; науч. ред. З.С. Брунова – ФБУ ВНИИЛМ. – Пушкино : ВНИИЛМ, 2015. – 79 с. – ISBN 978-5-94219-219-8 .
- 37.Родин, С.А. Научно-методическое обеспечение воспроизводства лесов в Российской Федерации / С.А. Родин // Труды Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства. – 2011. – Вып. 1 (24). – Ч. 1. – С. 27–30.
- 38.Сизова, М.Г. Мезофауна как показатель степени нарушенности почв урбанизированных территорий / М.Г. Сизова, В.Ф. Вальков, А.П. Евсюков // Изв. высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Биологические науки. – 2011. – № 2. – С. 64–68.
- 39.Смирнов, А.И. Влияние низкочастотного электромагнитного поля на лабораторную всхожесть семян и выход сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) / А.И. Смирнов, Ф.С. Орлов, П.А. Аксенов // Лесной вестник / Forestry bulletin. – 2021. – Т. 25, № 4. – С. 21–26.
- 40.Сорокин, С.Н. Проблемы и перспективы утилизации осадков сточных вод и рекультивации нарушенных земель на Северо-Западе России и пути их совместного решения / С.Н. Сорокин, И.С. Недбаев // Вестник Удмуртского университета. Серия биологии. Науки о земле, – 2023. – Т. 33, вып. 1. – С. 58–71. – DOI: <https://doi.org/10.35634/2412-9518-2023-33-1-58-71>.
- 41.Сорокин, С.Н. Лесное хозяйство России : потребности и пути развития / С.Н. Сорокин // Столяровские чтения : Материалы научно-практической конференции, посвященной 95-летию академика Д.П. Столярова – СПб. : СПбНИИЛХ, 2023. – С. 67–72.
- 42.Маттис, Г.Я. Справочник агролесомелиоратора / Г.Я. Маттис, Е.С. Павловский, А.Ф. Калашников [и др.]. – М. : Лесная промышленность, 1984. – 246 с.
- 43.Справочник по лесосеменному делу / под ред. А.И. Новосельцевой. – М. : Лесная промышленность, 1978. – 336 с.
- 44.Справочник по удобрениям в лесном хозяйстве / под ред. В.С. Победова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1986. – 172 с.
- 45.Тюкавина, О.Н. Биологические активные препараты для стимуляции роста сеянцев хвойных / О.Н. Тюкавина, Н.А. Демина. – Минск : Вестник БГСХ, – 2023. – № 1. – С. 122–133.
- 46.Указания о порядке отбора и учета лесосеменных объектов в Российской Федерации от 14.05.1995 : ФСЛХ России. – М. : ФСЛХ, 1995.
- 47.Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации от 11.01.2000 : ФСЛХ России : – М. : ФСЛХ, 2000.
- 48.Феоктистова, Н.В. Ризосферные бактерии / Н.В. Феоктистова, А.М. Марданова, Г.Ф. Хадиева, М.Р. Шарипова // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. Науки, – 2016. – Т. 158, кн. 2 – С. 207–224.

49. Царалунга, В.В. Трагедия российских дубрав / В.В. Царалунга / ИВУЗ. Лесной журнал, – 2005. – № 6. – С. 23–30.
50. Чибрик, Т.С. Основы биологической рекультивации / Т.С. Чибрик. – Екатеринбург : изд. Уральского ГУ, 2002. – 172 с. – ISBN 5-7996-0134-3.
51. Шубин, В.И. Микотрофность древесных пород, ее значение при разведении леса в таежной зоне / В.И. Шубин. – Л. : Наука, 1973. – 264 с.
52. Эглите, А.К. Роль микоризы и агротехники при облесении малопродуктивных почв / А.К. Эглите // Труды Института лесохозяйственных проблем АН ЛатвССР. – 1956. – Т. 2.
53. Экология и рекультивация техногенных ландшафтов / под ред. В.М. Курачева. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд., 1992. – 304 с. – ISBN 9785020301252.
54. Якимов, Н.И. Особенности агротехники выращивания сеянцев березы повислой в лесных питомниках / Н.И. Якимов, Н.К. Крук, А.В. Юренин // Труды БГТУ. Лесное хозяйство. – 2013. – № 1. – С. 196–199.
55. ПКФ ВяткаАгроДизель : сайт / Компания «ПКФ ВяткаАгроДизель». – Производство техники для лесного и сельского хозяйства. – Киров. – <https://www.vyatka-agro.ru/> (дата обращения: 04.03.2024).

DOI 10.21178/160524.335

УДК 338.984

Согласованность внутренних, экспортных и мировых цен лесопродукции

© О.П. Сушко*

ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», 115054, Москва, Стремянный переулок, д. 36

В статье представлен анализ согласованности и связанности динамики внутренних, внешнеторговых (экспортных) и мировых цен на лесопромышленную продукцию. Представленные вариации внутренних, экспортных и мировых цен лесопродукции позволили выделить индивидуальные, средние и обобщающие уровни цен, направленность и силу корреляции. Корреляционно-регрессионный анализ подтверждает согласованность и синхронность динамик цен. Полученные коэффициенты множественной корреляции динамик цен внутрироссийских, внешнеторговых и мировых цен на лесоматериалы имеют значения, показывающие значительную тесноту связи.

The article presents an analysis of the consistency and connectivity of the dynamics of domestic, foreign trade (export) and world prices for timber products. The presented variations in domestic, export and world prices of forest products allowed us to identify individual, average and generalizing price levels, the direction and strength of the correlation. Correlation and regression analysis confirms the consistency and synchronicity of price dynamics. The obtained coefficients of multiple correlation of price dynamics of domestic, foreign trade and world prices for timber have values showing significant closeness of the relationship.

Актуальность исследования движения цен на разных рынках, соотношения и связанности внутренних, внешнеторговых (экспортных) и мировых цен имеют существенное значение для бизнеса и для государственных органов [1, 2]. Более того, ценовой анализ важен для разработки финансовых планов деятельности, планов продаж продукции на внутренний и внешний рынки [3, 4]. Связанность и зависимость движения внутренних, экспортных и мировых цен на лесопродукцию обуславливает эффективность деятельности и развитие лесного комплекса. Цель исследования состоит в определении согласованности и связанности динамики внутренних, внешнеторговых (экспортных) и мировых цен на лесопромышленную продукцию, в выявлении общих и отличных закономерностей движения цен.

Исследование уровней цен, анализ динамик, согласованности внутренних, экспортных и мировых цен лесопродукции проводилось за продолжительный период: с 1998 г. по 2023 г. Для полноты анализа были исследованы динамики цен основных видов продукции всех отраслей лесного комплекса (лесозаготовительной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной). Представленные вариации внутренних, экспортных и мировых цен лесопродукции позволили выделить индивидуальные, средние и обобщающие уровни цен, направленность и силу корреляции.

Анализ динамик внутренних, экспортных и мировых цен на основные виды лесопродукции за период с 1968 г. по 2022 г. показал, что наблюдаются два этапа

мирового ценообразования на лесопродукцию [9]. Первый тридцатилетний период продлился до 1988 г. и наблюдалось плавное повышение цен без значительных колебаний (рис. 1).

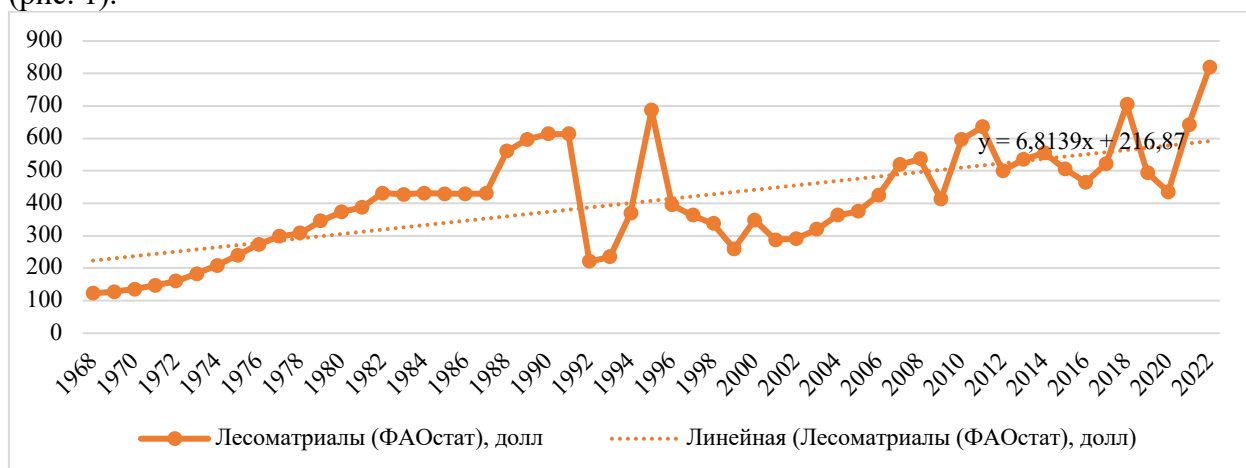


Рис. 1. Динамика цен на лесоматериалы на мировом рынке за 1968–2022 гг.

Источник: разработано автором по данным [10]

Данная тенденция сменилась значительной волатильностью, которая наблюдается на протяжении последних тридцати лет. Настоящий этап формирования цен с резкими колебаниями связан с более сложной структурой динамики.

Динамика внутренних, экспортных и мировых цен лесоматериалы на протяжении 1998 – 2023 гг. показывает схожую траекторию (рис. 2). Верхние ценовые пики на лесоматериалы наблюдались в 2008, 2011, 2017, 2021 годах, после которых происходило сильное снижение. Резкое снижение цен началось в 2022 г., что связано с наложением и взаимным усилением ряда факторов. К циклической фазе снижения цен на лесоматериалы добавилось политическое давление, связанное с санкционным запретом поставок российской продукции на европейский рынок. Линейные тренды динамики цен на лесоматериалы за 2021 – 2023 гг. также имеют отрицательные коэффициенты. Корреляционно-регрессионный анализ подтверждает согласованность и синхронность динамик цен. Полученные коэффициенты множественной корреляции динамик цен внутрироссийских, внешнеторговых и мировых цен на лесоматериалы имеют значения, показывающие значительную тесноту связи от 0,712 до 0,876.

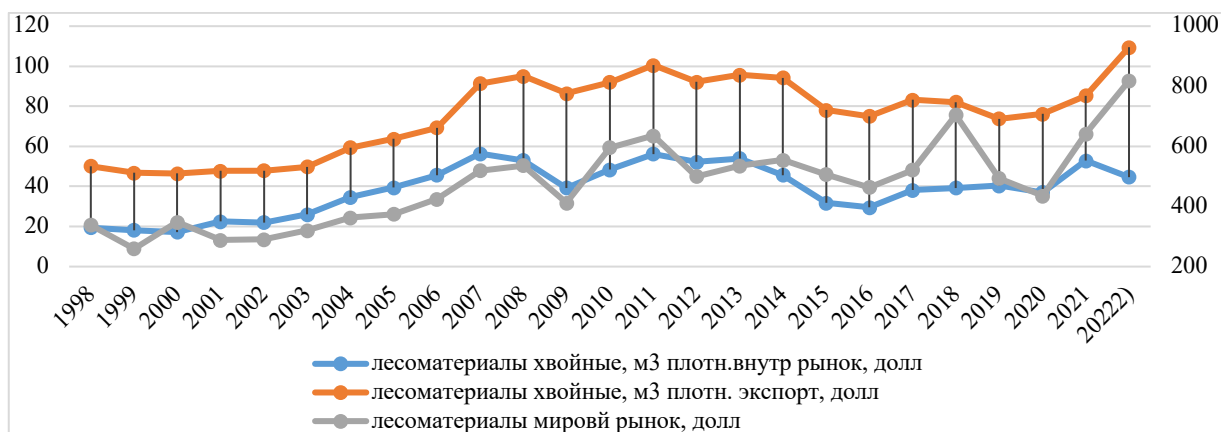


Рис. 2. Динамика цен на лесоматериалы на внутреннем и мировом рынках

Источник: разработано автором по данным [5-7, 10]

Движение цен на пиломатериалы на внешнем и внутреннем рынках имеет тесную траекторию. Котировки цен на пиломатериалы на внутреннем и внешнем рынках меняются тождественно, но при этом стоимость пиломатериалов на внутреннем рынке России традиционно меньше. Частично это объясняется отсутствием таможенных пошлин

и сборов, меньшими затратами на логистику. Коэффициенты множественной корреляции динамик цен внутренних, российских экспортных и мировых цен на пиломатериалы показывают значительную тесноту связи (от 0,768 до 0,957). Пиломатериалы также являются экспортно-ориентированным видом продукции. До начала введения санкций доля экспортных продаж российских пиломатериалов составляла около 70 % от объёма производства. По данным Рослесинфорга [6], объём экспорта в 2023 г. пиломатериалов и круглого леса достигнет 25 млн куб. м., что намного ниже досанкционного 2021 г. (38 %). Следовательно, ценовая динамика на пиломатериалы в первую очередь определяется трендами мирового рынка, и введённые санкции оказали негативное влияние на цены пиломатериалов.

Динамика российских внутренних и экспортных цен на фанеру имеет согласованную траекторию на всем временном интервале (рис. 3). На значительной части временного интервала по аналогии с другими видами лесопродукции наблюдается более низкие цены на внутреннем рынке по сравнению с мировым рынком. Фанера также экспортный продукт, и значительные её объёмы поставлялись на мировой рынок. Так, в досанкционный 2021 г. было экспортировано 3 млн куб. м. фанеры, а в 2022 г. экспорт снизился до 2 млн куб. м. По данным WhatWood [10], за 10 месяцев 2023 г. экспорт российской фанеры составил около 1,3 млн куб. м. Такое значительное снижение экспорта негативно отразилось на российских производителях.

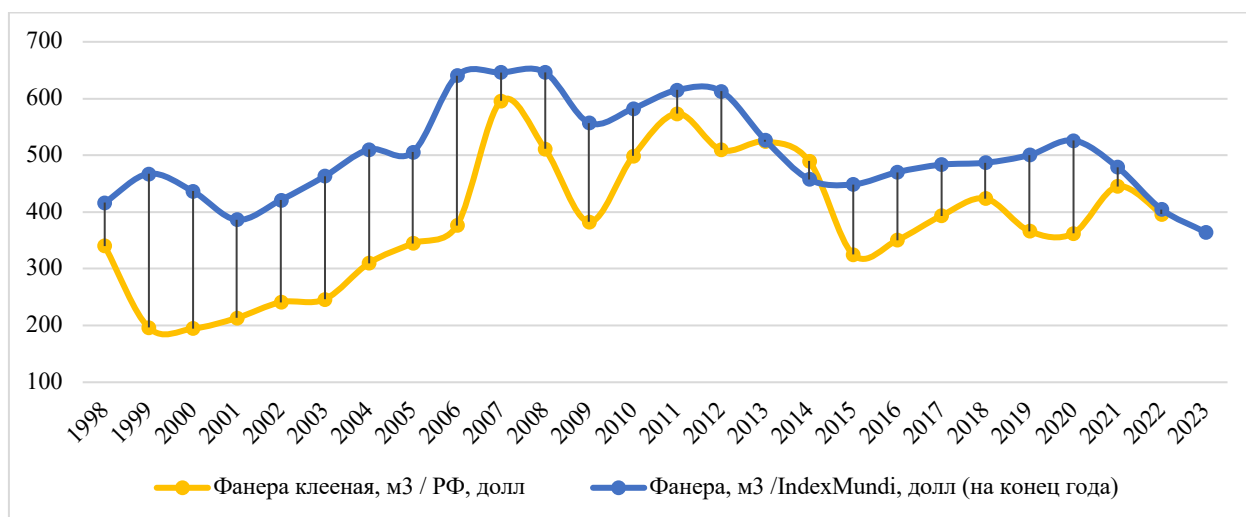


Рис. 3- Динамика цен на фанеру на внутреннем и мировом рынках

Источник: разработано автором по данным The FAO's Forest Product Statistics (FAOSTAT). Forestry Production and Trade. Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO> (дата обращения 14.01.2024).

Проанализированы также динамики цен на другие виды продукции (целлюлоза, тарный картон, бумага) (рис. 4), которые показали и подтвердили выводы о согласованности и связанности внутренних, экспортных и мировых цен, поскольку движение цен на лесопродукцию имеют однонаправленную и близкую траекторию (в некоторых случаях с небольшим временным лагом).

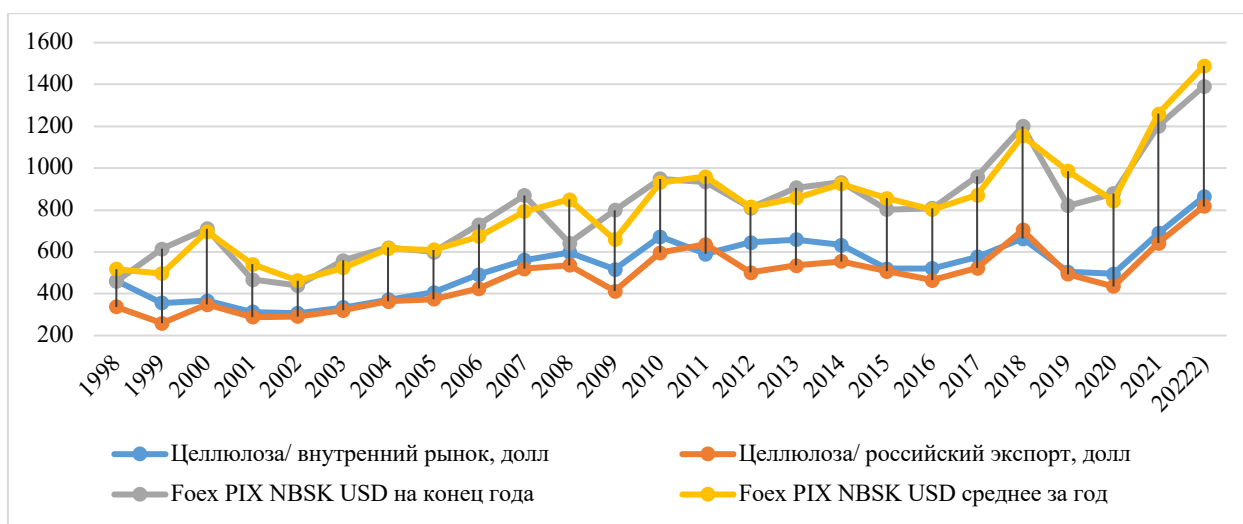


Рис. 4. Динамика цен на целлюлозу на внутреннем и мировом рынках

Источник: разработано автором по данным The FAO's Forest Product Statistics (FAOSTAT). Forestry Production and Trade. Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO> (дата обращения 14.01.2024).

Согласованная динамика цен на лесопродукцию на внутреннем и внешнем рынках отражает общее действие факторов, и, прежде всего, баланс спроса и предложения, а также показывает интеграцию российского лесного комплекса в международные экономические отношения, которая в настоящий период времени имеет неоднозначное значение. Отрицательное влияние антироссийских санкций, введенных в 2022 г., связано с вынужденным снижением экспорта лесопродукции и поиска новых сегментов рынка в дружественных странах. Ограничение экспорта для внешнеориентированного лесного комплекса России синхронно отобразилось на снижении производства многих видов лесопродукции в 2022-2023 гг.

Таким образом, эмпирический анализ подтвердил высокую волатильность цен на лесопродукцию. Помимо высокой волатильности рынка лесопродукции, дополнительные риски для финансовой стабильности лесопромышленников создает связанность и согласованность российских внутренних, российских экспортных и мировых цен на лесопродукцию.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 24-28-01250).

*E-mail автора: Sushko.OP@rea.ru

Литература

1. Григорьев, В.И. Трансформация цепочек добавленной стоимости в российской лесной промышленности / В.И. Григорьев, Н.А. Ермакова // *Инновационная экономика*. – 2020. – № 4 (25). – С. 4-19.
2. Рябова, Т.Г. Динамика и факторы стоимости лесоматериалов в лесной промышленности России / Т.Г. Рябова, А.П. Мохирев, С.О. Медведев, А.С. Лышко // *Фундаментальные исследования*. – 2020. – № 4. – С. 94-98. – DOI 10.17513/fr.42730.
3. Евсева, И.В. Тенденции ценообразования лесопромышленного комплекса / И.В. Евсева, А.Н. Махалов // *Микроэкономика*. – 2009. – № 6. – С. 290-298.
4. Kallio, A.M.I. European Forest Sector in a Turbulent World / A.M.I. Kallio // *Journal of Forest Economics*. – 2024. – Vol. 38, no. 4. – P. 375-396. – DOI 10.1561/112.00000569.
5. Росстат – Цены, инфляция. – URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/price> (дата обращения 14.01.2024).

6. Рослесинфорг озвучил объемы экспорта древесины за 2023 год. – URL: <https://roslesinforг.ru/news/all/roslesinforг-ozvuchil-obemy-eksporta-drevesiny-za-2023-god/?ysclid=lrqx5rvef351326337> (дата обращения 14.01.2024).
7. Статистика по лесной продукции. – URL: <https://www.fao.org/forestry/statistics/84922/ru/> (дата обращения 14.01.2024).
8. FAQ (foex.fi). – URL: <https://www.foex.fi/index.php?page=faq> (дата обращения 14.01.2024).
9. Sushko, O. Model of determination and forecasting of prices of forest products using the example of pulp / O. Sushko, A. Plastinin // E3S Web of Conf., Volume 402, 2023, International Scientific Siberian Transport Forum – TransSiberia 2023. – doi.org/10.1051/e3sconf/202340213007. – [сайт] – URL: <https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2023/39/contents/contents.html> (дата обращения 20.02.2024).
10. WhatWood.ru Исследования и аналитика в ЛПК России. – URL: <https://whatwood.ru/?ysclid=lrir9x8724429480302> (дата обращения 14.01.2024).

DOI 10.21178/160524.341

УДК 630*161.443.6:57.085

Ростовые и физиолого-биохимические реакции березы на воздействие Ni в условиях *in vitro*

© Т.М. Табацкая, Н.И. Внукова*

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии»
(ВНИИЛГИСбиотех), ул. Ломоносова, 105, Воронеж, 394087, Россия

Исследовано действие никеля в качестве агента токсического стресса в разных концентрациях (10^{-4} М, 2×10^{-4} М, 3×10^{-4} М, 10^{-3} М) на рост и сохранность растений *in vitro* четырех видов березы (карельская, повислая, далекарлийская и пушистая). Также измерялся уровень свободного пролина для оценки реакций разных клонов. Определена сублетальная концентрация никеля (2×10^{-4} М) и экспозиция его воздействия (20 суток). Показано, что ответные реакции растений на воздействие никеля (рост побегов в высоту, жизнеспособность, уровень накопления пролина, сохранность «нормального» морфотипа) зависели от концентрации стрессора и генотипических (видовых) особенностей клонов. Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности использования изученных показателей в качестве морфофизиологических маркеров стрессоустойчивости березы в культуре *in vitro*.

The effect of nickel as a toxic stress agent in different concentrations (10^{-4} М, 2×10^{-4} М, 3×10^{-4} М, 10^{-3} М) on the growth and preservation of plants *in vitro* of four species of birch (silver birch, Karelian birch, dalearlica birch and downy birch) was studied. The level of free proline was also measured to assess the reactions of different clones. The sublethal concentration of nickel (2×10^{-4} М) and exposure to its effects (20 days) were determined. It was shown that the plant responses to nickel exposure (shoot growth in height, viability, the level of proline accumulation, the preservation of the "normal" morphotype) depended on the concentration of the stressor and the genotypic (species) characteristics of the clones. The results obtained allow us to conclude that the studied indicators can be used as morphophysiological markers of birch stress resistance in *in vitro* culture

Введение

Для изучения стресс-реакций, получения и отбора устойчивых генотипов в последние годы используются методы биотехнологии. Культура ткани *in vitro* – один из перспективных биотехнологических методов данного направления. По сравнению с исследованиями *in vivo* он имеет ряд преимуществ. Так, изолированные ткани растений в условиях *in vitro* проявляют повышенную чувствительность к стрессовым воздействиям, условия культивирования строго контролируемые, эксперименты воспроизводимы в короткие сроки, возможность быстрого клонального размножения единичных отобранных экземпляров.

Моделирование стрессов, имитирующих естественные, например, засоление, дефицит воды, воздействие тяжелых металлов проводится в основном на травянистых растениях [1–3]. Исследования, выполненные по селекции *in vitro* на лесных древесных растениях немногочисленны [4–6].

Среди множества загрязнителей окружающей среды наиболее токсичными считаются тяжелые металлы. Известно, что их поражающий эффект заметно усиливается при повышении температуры среды, колебаниях объемов осадков. Особое место среди данной группы металлов занимает никель, являясь эссенциальным элементом для растений, необходимым для нормальной их жизнедеятельности. Однако, с повышением концентрации никель становится токсичным. Его токсичность проявляется в снижении активности ферментов, нарушении ионного гомеостаза, развитии окислительного стресса, поражении мембран [7–9].

В пользу выбора березы в качестве объекта наших исследований послужил ее статус одной из лесообразующей и хозяйственно ценной породы России, а так же наличие большого генетического разнообразия (виды, гибриды, полиплоиды), представленного в коллекции *in vitro* клонов ценных генотипов лиственных древесных растений ФГБУ «ВНИИЛГИСбиотех» (<http://ckp-rf.ru/usu/569228/>).

Согласно литературным данным, интенсивность ответных реакций на воздействие данного стрессора различна в зависимости от вида растения [3, 5, 7]. Относительно древесных растений данные реакции еще недостаточно изучены.

Цель настоящих исследований – определение особенностей ответных реакций березы на воздействие никеля в моделируемых условиях стресса *in vitro*.

Объекты и методы

Материалом для исследований служили микрорастения коллекционных клонов березы повислой (*Betula pendula* L.), карельской (*B. pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti), далекарлийской (*B. pendula* f. '*dalecarlica*' (L.f.) Schneid) и пушистой (*B. pubescens* Ehrh.). Для размножения микрочеренкованием исходных культур использовали безгормональную питательную среду Мурасиге и Скуга с половинным содержанием макросолей [10].

В качестве эксплантов использовали микрочеренки растений с одной пазушной почкой длиной 1,0–1,5 см. Для получения сопоставимых данных растительный материал эксплантировали одновременно для всех 4 опытных вариантов и контроля.

Провокационный фон (селективные условия) в опытных вариантах создавали добавлением никеля в виде азотнокислой соли $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ в ряде мольных концентраций – 10^{-4}M , $2 \times 10^{-4}\text{M}$, $3 \times 10^{-4}\text{M}$, 10^{-3}M в питательную среду $\frac{1}{2}$ MS. В контроле (неселективные условия) использовали аналогичную среду без добавления никеля.

Для каждого варианта (опытного и контрольного) использовали 50–дневный цикл культивирования (20 суток на селективной среде с никелем, 30 – на среде без никеля). Режим культивирования: температура 25 ± 2 °C, фотопериод 16 ч, интенсивность освещения 2,0 клк.

Устойчивость культур к заданному стрессу оценивали по сохранности и росту микрорастений через 20 суток от начала культивирования, изменению их морфологических признаков, способности к накоплению пролина как на селективных средах, так и на базовых. Оценку морфометрических показателей проводили на 20 растениях каждого исследуемого клона в каждом опытном варианте.

Определение количества свободного пролина в листьях микрорастений березы проводили на 20 сутки эксперимента по методике [11, 12] в нашей модификации. Пробы для анализа отбирали во время максимально активного синтеза пролина – строго с 8 до 9 часов утра [13]. Навеску растительного материала (10 мг) заливали в пробирке 3 мл кипящей дистиллированной воды и на 30 мин помещали на водяную баню (100 °C). Из полученного экстракта листьев брали аликвоту 1 мл и помещали в чистую сухую пробирку. Туда же добавляли 1 мл ациднингидринового реактива (1,25 г нингидрина, 30 мл ледяной уксусной кислоты, 20 мл 6M раствора H_3PO_4), приготовленного при нагревании, и 1 мл ледяной уксусной кислоты. Смесь реагентов в закрытой пробирке нагревали на кипящей водяной бане в течение 1 часа. Реакцию останавливали путем

погружения пробирок в холодную воду со льдом (+2 °С). Измерение поглощения продуктов реакции экстракта листьев с кислым нингидриновым реактивом измеряли при длине волны 520 нм на спектрофотометре UNICO 2800. Калибровочную кривую строили по кристаллическому L-пролину (99 %, Panreac). Содержание пролина в образцах рассчитывали в мкмоль (мкМ) на 1 г свежей массы.

Для каждого вида березы приведены усредненные данные концентрации аминокислоты.

Каждый эксперимент проводили в трехкратной повторности. Статистическую обработку данных осуществляли с использованием пакета статистических программ Stadia и Microsoft Excel, а сравнение выборок – с помощью *t*-критерия Стьюдента.

Результаты исследований и их обсуждение

Интегральным показателем поражающего воздействия на растения неблагоприятных факторов среды, в том числе тяжелых металлов, является изменение ростовых характеристик [5, 14].

Нами показано (табл. 1), что ни один клон не сохранил ростовые характеристики контрольного варианта. Кратность снижения показателя высот побегов для всего экспериментального материала в среднем достигала 2,8 раза в варианте сублетального засоления никелем (2×10^{-4} М). Максимальное ингибирование роста побегов демонстрировали культуры березы карельской – в 3,6 раза, наименьшее – березы повислой (в 1,7 раза).

Таблица 1

Высота побегов (h) различных видов березы при воздействии $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ в концентрации 2×10^{-4} М в питательной среде $\frac{1}{2}$ MS

Вид березы	Контроль (h ₁ , см)	Опыт (h ₂ , см)	Отношение h ₁ / h ₂
Б. пушистая	5,3±0,20	2,3±0,11 ³	2,3
Б. карельская	5,5±0,11	1,5±0,11 ³	3,6
Б. повислая	4,3±0,13	2,5±0,13 ²	1,7
Б. далекарлийская	5,7±0,10	2,6±0,04 ³	2,2
Среднее	5,2±0,22	2,3±0,20 ³	2,5±1,13

Примечание. Различия с контролем статистически значимы при ²P<0,01; ³P<0,001. Для каждого вида березы представлено среднее значение высоты для 3–4 клонов.

Полученные данные согласуются с литературными в том, что жизнеспособность растений в стрессовых условиях сопровождается торможением ростовых процессов, являясь защитно-приспособительной реакцией. Большинство исследователей объясняют это тем, что тяжелые металлы, в том числе и никель, оказывают прямое действие на деление и растяжение клеток и косвенное – на эффективность минерального питания [2, 4, 9].

Никель оказал негативное влияние и на сохранность экспериментальных образцов (табл. 2). Снижение количества выживших растений для всего экспериментального материала отмечено начиная с концентрации никеля 10^{-4} М. Однако, степень проявления данной реакции березы зависела от ее видовых особенностей.

Наименьшее снижение количества выживших растений для всего экспериментального материала в условиях первого варианта (10^{-4} М) в среднем не превышало 9%. Наибольшее отмечено для культур березы далекарлийской – 37,5 %.

Таблица 2

Сохранность (%) культур березы в зависимости от концентрации никеля в питательной среде ½ MS

Вид березы	Концентрация Ni(NO ₃) ₂ , М				
	10 ⁻⁴	2×10 ⁻⁴	3×10 ⁻⁴	10 ⁻³	0
Б. пушистая	80,2 ± 0,83 ³	35,5 ± 2,32 ³	22,2 ± 1,60 ³	1,6 ± 0,9 ³	89,6 ± 1,24
Б. карельская	70,5 ± 1,12 ³	6,6 ± 1,11 ³	3,3 ± 0,92 ³	0,0	86,0 ± 0,70
Б. повислая	76,7 ± 0,65 ²	35,0 ± 1,40 ³	19,1 ± 2,45 ³	1,6 ± 0,9 ³	81,8 ± 0,91
Б. далекарлийская	50,8 ± 1,33 ³	30,0 ± 2,12 ³	3,3 ± 1,20 ³	0,0	88,3 ± 1,13
Среднее	69,6 ± 0,86	26,8 ± 1,68	11,9 ± 1,70	0,8 ± 0,85	86,4 ± 0,91

Примечание. Различия с контролем (0) статистически значимы при ²P<0,01; ³P<0,001. Для каждого вида березы представлено среднее значение сохранности для 3–4 клонов.

При увеличении концентрации стрессора в питательной среде до 2×10⁻⁴М проявилась ярко выраженная токсичность по данному признаку. В зависимости от видовой принадлежности отмечено варьирование сохранности культур от 6,6 до 35,5%. При этом первые признаки поражения (хлороз основного листа микрочеренка) начинают проявляться уже в течение первой недели эксперимента (рис.).

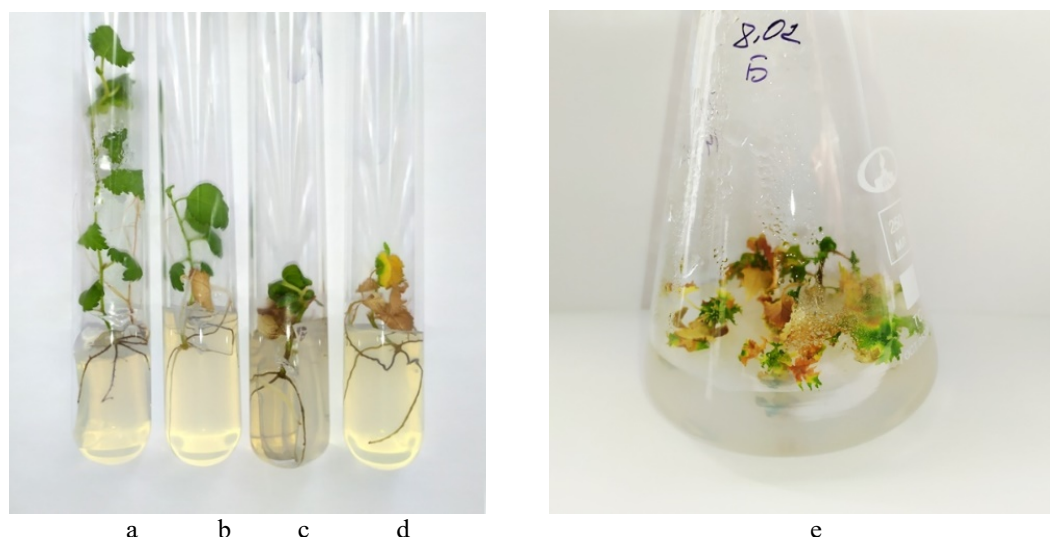


Рис. Реакция экспериментальных клонов березы (а, b, c, d – б. пушистая; е – б. далекарлийская) на воздействие никеля в различной концентрации: а – 0, b – 10⁻⁴М, c – 2×10⁻⁴М, d – 3×10⁻⁴М, e – 10⁻³М

При трехкратном увеличении дозы (3×10⁻⁴ М) никеля доля выживших культур значительно сократилось. Максимальное количество сохранившихся микрорастений (клоны б. пушистой) не превышало 22,2 % против 89,6 % в контроле, наименьшее – не более 3,3% (клоны б. карельской и б. далекарлийской) против 86,0 % и 88,3 % соответственно в контроле.

Есть мнение, что сохранность культур при воздействии тяжелых металлов, в том числе и никеля, определяется способностью металла накапливаться в клетках растений до токсических концентраций, а также нарушением процессов его детоксикации [2, 4, 9], что в целом подтверждается и нашими экспериментальными данными.

Таким образом, в наших условиях моделируемого стресса межвидовые различия наиболее ярко проявились по признаку «сохранность культур».

При этом, единичные выжившие микрорастения характеризовались измененным морфотипом (недоразвитие листовых пластинок, верхушечный и листовой некроз, хлороз).

В остальных опытных вариантах формировались растения с «нормальным» морфотипом, активным ризогенезом (до 100 %), с сохранностью особенностей исходных культур.

Наблюдаемые нами морфологические реакции березы могут быть связаны с изменением физиологического состояния растений в условиях стресса, в частности, с нарушением процессов фотосинтеза, как отмечают многие исследователи [1, 2, 7].

Под неблагоприятным воздействием окружающей среды в тканях растений происходит изменение биохимических показателей. Так, например, уровень свободного пролина в ответ на стресс, как правило, возрастает и тем самым предотвращает наступление негативных последствий, способных привести к гибели растений [15–18]. Аккумуляция пролина индуцируется в условиях стресса как за счет увеличения синтеза, так и за счет восстановления окисленной аминокислоты. Было показано, что большая часть накопленного пролина является результатом увеличения его синтеза из глутамата. Однако есть еще и другой путь – из аргинина и орнитина. При стрессе часто происходит уменьшение окисления пролина, что приводит к увеличению его уровня.

В наших экспериментах мы оценивали изменение содержания этой аминокислоты в листьях регенерантов березы с возрастанием нагрузки соли никеля в питательной среде *in vitro* (табл. 3).

Таблица 3

Изменение содержания пролина в листьях регенерантов различных видов березы *in vitro* в зависимости от концентрации ионов никеля в питательной среде $\frac{1}{2}$ MS

Вид березы	Контроль	Опыт			
		$C_{Ni}=10^{-4}$ М		$C_{Ni}=2 \times 10^{-4}$ М	
	Пролин (мкМ/г с.м.)	Пролин (мкМ/г с.м.)	% к контролю	Пролин (мкМ/г с.м.)	% к контролю
Б. пушистая	$4,7 \pm 0,18$	$7,4 \pm 0,34^2$	157,4	$15,3 \pm 0,56^3$	325,5
Б. карельская	$7,4 \pm 0,35$	$9,3 \pm 0,42$	125,6	$12,2 \pm 0,81^2$	164,9
Б. повислая	$6,3 \pm 0,75$	$9,1 \pm 0,61^1$	144,4	$17,9 \pm 0,74^3$	284,1
Б. далекарлийская	$7,1 \pm 0,81$	$9,2 \pm 0,66$	129,5	$13,3 \pm 0,93^2$	187,3
Среднее	$6,38 \pm 0,61$	$8,8 \pm 0,49^1$	139,2	$14,7 \pm 0,81^2$	240,5

Примечание. Различия между контролем и опытом достоверны при $^1P < 0,05$, $^2P < 0,01$, $^3P < 0,001$.

Небольшие значения концентрации никеля в среде (10^{-6} , 10^{-5} М) не оказывали влияния на состояние культур березы и не вызывали существенного изменения уровня пролина. Начиная с концентрации металла 10^{-4} М наблюдалось увеличение содержания аминокислоты в тканях образцов по сравнению с контрольными значениями. Причем виды березы по-разному реагировали на стрессор: наиболее слабо уровень пролина изменялся у б. далекарлийская и б. карельская (129,5 % и 125,6 % соответственно от контроля). При повышении концентрации никеля до сублетального значения (2×10^{-4} М) уровень свободного пролина резко повысился у всех видов березы, но наиболее сильно по сравнению с контролем у б. пушистой – в 3,25 раза и у б. повислой – в 2,84 раза. Таким образом, добавление солей никеля в питательную среду *in vitro* оказало влияние на выработку пролина в тканях микрорастений, при этом существенным было значение концентрации стрессора и генотипические особенности видов березы (в наибольшей степени отреагировали пушистая и повислая березы).

Заключение

Результаты проведенных исследований показали, что культуры березы чувствительны к воздействию никеля. Причем, при малых концентрациях металла (10^{-4} М) количество жизнеспособных культур сокращалось менее, чем на 9 %. При сублетальной

концентрации ($2 \times 10^{-4} \text{M}$) стрессора отмечена наиболее яркая негативная реакция. Средние показатели количества выживших культур в данном варианте варьировали от 6,6 до 35,5 % в зависимости от клона, кратность снижения роста побегов в высоту достигала в случае карельской березы, например – 3,6, а уровень пролина по сравнению с контролем возрастал в среднем на 240,5 %. Таким образом, показано, что ответное реагирование клонов березы на воздействие никеля зависело от их генотипических особенностей и концентрации металла. Выявленные параметры реакции (рост, жизнеспособность, сохранность исходного морфотипа, уровень синтеза свободного пролина) информативны и доступны в учете, что позволяет их использование в качестве морфофизиологических маркеров устойчивости березы в условиях *in vitro*.

*Исследование выполнено при использовании материалов биоресурсной научной коллекции ВНИИЛГИСбиотех «Коллекция *in vitro* клонов ценных генотипов лиственных древесных растений». УНУ № 569228.*

*E-mail автора для переписки: natalya.vnuckova@yandex.ru

Литература

1. Шуплецова, О.Н. Результаты использования клеточных технологий в создании новых сортов ячменя, устойчивых к токсичности алюминия и засухе / О.Н. Шуплецова, И.Н. Щенникова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2016. – Т. 20, № 5. – С. 623–628.
2. Башмакова, Е.Б. Возможные механизмы развития дефицита железа у растений мимулюса крапчатого в условиях совместного действия солей никеля и цинка / Е.Б. Башмакова, П.П. Пашковский, Н.Л. Радюкина, Вл. В. Кузнецов // Физиология растений. – 2015. – Том 62, № 6. – С. 814-826.
3. Сергеева, Л.Е. Клеточная селекция с ионами тяжелых металлов для отбора форм пшеницы и кукурузы, устойчивых к осмотическим стрессам / Л.Е. Сергеева, Л.И. Бронникова // Фактори експериментальної еволюції організмів. – 2018. – Т. 22. – С. 318–322.
4. Ветчинникова, Л.В. Карельская береза: разновидность или самостоятельный вид? / Л.В. Ветчинникова, А.Ф. Титов // ИВУЗ. Лесной журнал. – 2020. – № 1. – С. 26–48.
5. Титов, А.Ф. Тяжелые металлы и растения / А.Ф. Титов, Н.М. Казнина, В.В. Таланова. – Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, – 2014. – 194 с.
6. Hall, J.L. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance / J.L. Hall // J. Experimental Botany. – 2002. – V. 53, № 366. – P. 1–11.
7. Серегин, И.В. Физиологическая роль никеля и его токсическое действие на высшие растения / И.В. Серегин, А.Д. Кожевникова // Физиология растений. – 2006. – Том 53. – С. 285–308.
8. Rai, M.K. Developing stress tolerant plants through *in vitro* selection – An overview of the recent progress / M.K. Rai, R.K. Kalia, R. Singh, M.P. Gangola, A.K. Dhawan // Environmental and Experimental Botany. – 2011. – V.71, №1. – P. 89–98.
9. Jan, N. Developing stress-tolerant plants through *in vitro* tissue culture: family Brassicaceae / N. Jan, H.A. Qazi, S. Ramzan, R. John // Biotechnologies of Crop Improvement. – 2018. – V.1. – P. 327–372.
10. Murashige, T. A revised medium for rapid growth and bio assays with Tobacco tissue cultures / T. Murashige, F. Skoog // Phisiol. Plant. – 1962. – V. 15, № 13. – P. 473–497..
11. Bates, L.S. Rapid determination of free proline for water stress studies / L.S. Bates, R.P. Waldeen, I.D. Teare // Plant Soil. – 1973. – V. 39, № 1. – P. 205–207.
12. Шихалеева, Г.Н. Модифицированная методика определения пролина в растительных объектах / Г.Н. Шихалеева, А.К. Будняк, И.И. Шихалеев, О.Л. Иващенко // Вестник Харьковского национального университета имени В.Н. Каразина. – 2014. – Вып. 21. – № 1112. – С. 168–172.
13. Сергеева, Л.Е. Содержание свободного пролина как показатель жизнедеятельности клеточной культуры *Nicotiana tabacum* L. при стрессе / Л.Е. Сергеева, Л.И. Бронникова, Е.Н. Тищенко // Біотехнологія. – 2011. – Т. 4, № 4. – С. 87–94.
14. Tabatskaya, T.M. In vitro modelling of salinity stress for the selection of stress-tolerant birch lines / T.M. Tabatskaya, O.S. Mashkina, O.M. Korchagin // E3S Web of Conferences (International Scientific

Conference Topical problems of green architecture, civil and environmental engineering TPАСЕЕ 2020). – 2020. – Vol. 224. – P. 04013.

15. Морозова, М.Е. Влияние солей тяжелых металлов на синтез пролина *Lemna minor* L. / М.Е. Морозова, Т.В. Сторчак // Вестник Нижневартовского государственного университета. – Экология и природопользование. – 2017. – № 4. – С. 19–124.

16. Данилова, Е.Д. Влияние хлоридного засоления на ростовые и физиологические процессы растений *Solanum tuberosum* L. среднеспелых сортов / Е.Д. Данилова, Ю.В. Медведева, М.В. Ефимова // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2018. – № 44. – С. 158–171.

17. Табацкая, Т.М. Ответные реакции березы на воздействие кадмия в условиях *in vitro* / Т.М. Табацкая, Н.И. Внукова, О.С. Машкина // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2022. – № 3. – С. 25–37.

18. Внукова Н.И. Влияние краткосрочного холодового воздействия на изменение концентрации свободного пролина у различных видов берёзы *in vitro* / Н.И. Внукова // Самарский научный вестник. – 2023. – Т. 12, № 1. – С. 38–42.

DOI 10.21178/160524.348

УДК 57.042:582.475.2

Исследование взаимодействия генотип-среда в лесных культурах ели европейской с использованием регрессионного анализа

© М.В. Тис*^{1,2,3}, Н.А. Павлов^{1,2}

- 1 – Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства
194021, Санкт-Петербург, Институтский пр., д.21*
*2 – Санкт-Петербургский лесотехнический университет
194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., д.5*
3 – Университет ИТМО, 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49

Данный проект направлен на выявление связи темпов роста ели с трехлетней динамикой биоклиматических параметров, характеризующих температуру условий произрастания, влажность и количество солнечного света, получаемого растениями. Для расчёта индексов взаимодействия генотип-среда для 125 деревьев, произрастающих в лесных культурах в Ленинградской области, использовалась модель совместной регрессии Финли-Уилкинсона. Регрессионный анализ производился при помощи языка программирования R и позволил выявить несколько генотипов ели, обладающих наибольшим адаптивным потенциалом. Исследование выполнено в рамках Госзадания СПБНИИЛХ (2-Г24 маркирование ели и сосны).

This project aims to study the relationship between growth rate of spruce and three-year dynamic of bioclimatic variables, such as air temperature in the growing conditions, humidity and the amount of sunlight received by plants. To calculate the genotype x environment interaction indexes for 125 trees growing in a forest plantation in the Leningrad region, Joint regression (or Finley-Wilkinson regression) was used. Regression analysis, performed through R, allowed us to detect several genotypes featuring the best adaptive capacity. This research was conducted as part of the state assignment of Saint-Petersburg Forestry Research Institute (no. 2-G24, marking of spruce and pine).

Скорость роста деревьев сильно подвержена влиянию не только генетических факторов и факторов окружающей среды, но и определяется также уникальным взаимодействием между генетическими особенностями конкретного растения и биоклиматическими параметрами, характеризующими условия произрастания популяции. Так, разные деревья могут по-разному реагировать на изменения погодных условий: например, при повышении влажности некоторые деревья в популяции могут перейти в угнетенное состояние, тогда как другие, напротив, могут начать расти более интенсивно [1]. Еще одним примером может служить разная подверженность различных биологических форм древесных пород весенним заморозкам: в то время как для некоторых деревьев повреждение морозом может быть фатальным, у других не обнаруживается существенных повреждений [2].

Для сравнения индивидуальных особенностей деревьев, произрастающих вместе и подверженных одним и тем же изменениям окружающей среды, можно использовать метод, который носит название регрессии Финли-Уилкинсона, или совместной регрессии ('Joint Regression' в англоязычной литературе [3]). В нашем исследовании с помощью этого метода была проанализирован годичный прирост 125 генотипов ели европейской в

лесных культурах Дружносельского лесничества Ленинградской области, заложенных в 2015 году. Параллельно мы изучали изменчивость шести биоклиматических факторов в данном местоположении за три года (2020-2022): минимальную температуру воздуха в мае, средние показатели за вегетационный период температуры воздуха, относительной влажности воздуха, влажности почвы в корневой зоне, количества осадков, фотосинтетически активной радиации. Показатели биоклиматических параметров за период с 2020 по 2022 год были получены из открытой базы данных NASA POWER (<https://power.larc.nasa.gov/>). Анализ производился при помощи статистических методов, входящих в пакеты языка программирования R.

Принцип анализа совместной регрессии 'Joint Regression' (JR) заключается в следующем: для каждого дерева оценивается величина годового прироста за анализируемые три года (при этом учитываются климатические особенности каждого из этих лет), после чего на этой основе генотипы ранжируются по их отклонению от популяционной средней. При этом каждому дереву присваивается индекс, на основе которого можно делать выводы об индивидуальных особенностях скорости роста дерева на фоне выборочной средней. Это позволяет ранжировать деревья по скорости роста, достоверно выявив наиболее быстрорастущие генотипы, интересные для дальнейших исследований. Кроме того, регрессионный анализ позволяет оценить для каждого дерева степень его чувствительности к каждому отдельно взятому биоклиматическому параметру.

В нашем исследовании с использованием анализа совместной регрессии среди 125 деревьев ели были выделены наиболее быстрорастущие генотипы, кроме того, была исследована взаимосвязь между фенологическими формами ели и их чувствительностью к заморозкам. Регрессионная модель Финли-Уилкинсона позволила оценить адаптивный потенциал различных генотипов и выделить деревья, показывающие наиболее стабильный годичный прирост независимо от неблагоприятных погодных факторов.

Исследование выполнено в рамках Госзадания СПбНИИЛХ (2-Г24 маркирование ели и сосны).

*E-mail автора для переписки: soliry.sauris@gmail.com

Литература

1. Bowman, J. C. Genotype x environment interactions / J.C. Bowman – DOI:10.1186/1297-9686-4-1-117 // *Annales de génétique et de sélection animale*. – 1972. – Vol. 4, №. 1. – P. 117-123.
2. Никчемный, М.Е. Рост и развитие различных фенологических форм ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) в лесных культурах в Ленинградской области / М.Е. Никчемный, А.В. Жигунов // *Леса России: политика, промышленность, наука, образование* : Материалы VIII Всероссийской научно-технической конференции, 24-26 мая 2023 г., Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова / СПбГЛТУ. – СПб. : СПбГЛТУ, 2023. – С. 309-312.
3. Finlay, K.W. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme / K.W. Finlay, G.N. Wilkinson – DOI: 10.1071/AR9630742 // *Australian Journal of Agricultural Research*. – 1963. – Vol. 14, №. 6. – P. 742-754.
4. NASA POWER : открытая база данных : сайт / NASA Lagley Research Center. – Hampton, VA, 2003. – URL: <https://power.larc.nasa.gov/> (дата обращения 31.03.2024).

DOI 10.21178/160524.350

УДК 630 *232.4

Влияние вида посадочного материала на рост лесных культур основных лесообразующих пород в лесорастительных и экологических условиях Беларуси

© В.В. Усеня*, К.М. Старожишина, Г.М. Помаз

*Государственное научное учреждение «Институт леса НАН Беларуси»,
ул. Пролетарская, 71, 246001, г. Гомель, Республика Беларусь*

Изложены сведения о динамике лесовосстановления и лесоразведения в лесном фонде Беларуси в 2003-2023 гг. Долевое участие лесных культур хвойных пород составило 91,0 %, твердолиственных – 6,3 % от общей площади посева и посадки леса.

Установлено влияние вида и биометрических показателей посадочного материала на рост лесных культур сосны обыкновенной, ели европейской и дуба черешчатого.

Определены основные природные и антропогенные факторы, оказывающие негативное влияние на приживаемость и рост лесных культур лесообразующих пород, созданных различным видом посадочного материала в лесорастительных условиях Беларуси.

Information is presented on the dynamics of reforestation and afforestation in the forest fund of Belarus in 2003-2023. The share of coniferous forest crops amounted to 91.0% of hardwoods - 6.3% of the total area of sowing and forest planting.

The influence of the type and biometric indicators of planting material on the growth of forest crops of Scots pine, Norway spruce and pedunculate oak has been established.

The main natural and anthropogenic factors that have a negative impact on the survival rate and growth of forest crops of forest-forming species created by various types of planting material in the forest growing conditions of Belarus have been identified.

Леса в Республике Беларусь являются одним из основных возобновляемых природных ресурсов и важнейших национальных богатств, имеют важное экономическое, экологическое и социальное значение. Лесистость территории страны составляет 40,1 %. В видовом составе лесных фитоценозов преобладают хвойные породы (57,7 %), в том числе сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) – 48,6 % и ель европейская (*Picea abies* (L.) Karst) – 9,1 %. Твердолиственные насаждения составляют 3,9 %, в том числе: дуб черешчатый – 3,3 %, ясень обыкновенный – 0,2 % граб – 0,2 % и прочие породы – 0,2 % от лесопокрытой площади [1].

В лесном фонде Беларуси искусственные лесные насаждения занимают 23 % лесопокрытой площади. На протяжении 2003-2023 гг. создано 739,3 тыс. га лесных культур, а площадь их создания селекционным посадочным материалом на протяжении данного периода практически удвоилась. Так, в 2022-2023 гг. долевое участие площади лесных культур с использованием селекционного посадочного материала, составило, соответственно, 60,8 % и 59,3 % от общего объема искусственного лесовосстановления и лесоразведения (рис.).

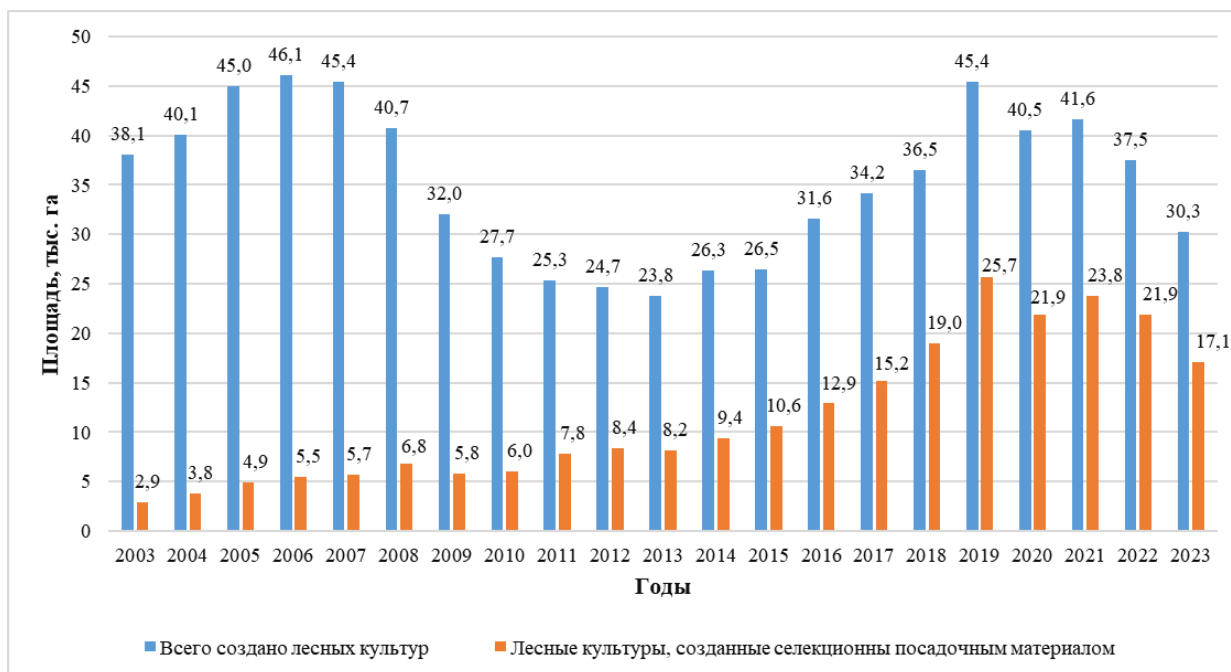


Рис. Динамика площади лесовосстановления и лесоразведения в лесном фонде Беларуси в 2003-2023 гг.

Долевое участие лесных культур хвойных пород в общей площади посева и посадки леса составляет 91,0 %, твердолиственных пород – 6,3 %.

В лесном фонде страны на протяжении последних лет увеличились объемы создания лесных культур (в т. ч. 2021 г. – 41,6 тыс. га, 2022 г. – 37,5 тыс. га, 2023 г. – 30,3 тыс. га), что обусловлено наличием значительных площадей вырубок после сплошных санитарных рубок усыхающих хвойных насаждений и буреломно-ветровальных участков и потребовало выращивания значительных объемов посадочного материала основных лесообразующих пород, в том числе с закрытой корневой системой. В системе Министерства лесного хозяйства страны в 2023 г. выращено 404,4 млн шт. стандартного посадочного материала для лесокультурного производства, в том числе 33,6 млн шт. с закрытой корневой системой (8,3 % от общего объема) и 66,6 млн шт. в закрытом грунте. Лесные культуры с использованием посадочного материала с закрытой корневой системой (ПМЗКС) в 2021, 2022 и 2023 гг. созданы, соответственно, на площади 4,9; 6,6 и 8,1 тыс. га, что составило ежегодно 12,3, 18,6 и 26,7 % от общей площади посева и посадки леса.

В целях улучшения качества лесовосстановления и лесоразведения площадь проведения уходов за лесными культурами в 2021 году составила 128,0 тыс. га, 2022 г. – 134,9 тыс. га, 2023 г. – 128,3 тыс. га. Дополнение лесных культур в 2023 году выполнено на площади 59,5 тыс. га. Для предотвращения гибели лесных культур от повреждения дикими животными проведены мероприятия по их защите на площади 20,7 тыс. га, в том числе путем огораживания лесных культур на площади 4,3 тыс. га.

В связи с наблюдающимся на протяжении последних десятилетий изменением климата, в особенности на юго-востоке Беларуси, приоритетным направлением при воспроизводстве лесов, в том числе на вырубках усыхающих хвойных лесов и ветровально-буреломных участков, явилось создание смешанных лесных культур, которые обладают более высокой экологической устойчивостью к различным негативным биотическим и абиотическим факторам, в том числе к вредным организмам и ураганам ветрам.

Важнейшим элементом технологии искусственного лесовыращивания является посадочный материал, от качества которого зависит интенсивность роста и продуктивность лесных насаждений. На протяжении последних десятилетий в лесном

хозяйстве Беларуси при искусственном воспроизводстве лесов значительное внимание уделяется использованию крупномерного посадочного материала, что обеспечивает более высокую сохранность и интенсивный рост лесных культур, снижение количества агротехнических уходов в богатых типах лесорастительных условий, повышение устойчивости к неблагоприятным климатическим условиям, конкурентному воздействию нежелательной травянистой и древесно-кустарниковой растительности. Использование крупномерного посадочного материала для создания лесных культур ели является перспективным направлением в области воспроизводства лесов, в особенности в богатых типах лесорастительных условий (ТЛУ) с почвенно-гидрологическими условиями, благоприятными для роста травянистой растительности и естественного возобновления нежелательных лиственных пород, негативно влияющих на приживаемость и рост лесных культур [2].

К настоящему времени результаты исследований свидетельствуют об эффективности применения крупномерных саженцев при создании лесных культур ели [3-4]. В последние годы значительное внимание в лесокультурном производстве уделяется применению посадочного материала с закрытой корневой системой. В лесном фонде Беларуси при лесовосстановлении и лесоразведении доминирует долевое участие посадочного материала с открытой корневой системой (ОКС) [5-10].

На протяжении последнего десятилетия максимальные площади культур ели европейской с применением крупномерного посадочного материала созданы в типах лесорастительных условий Д₂₋₃ (83 %) и С₂₋₃ (14 %), других ТЛУ – 3 %, а наиболее распространенными схемами смешения древесных пород являются: 9Е1Б, 8Е2Б, 7Е3Б, 4Е4С2Б, 5Е5Д, 5Е3С2Б, 5Е5С. Монокультуры ели созданы на незначительных площадях.

Вид посадочного материала и его биометрические показатели оказывают значительное влияние на динамику роста лесных культур.

Установлено, что биометрические показатели посадочного материала ели оказывают существенное влияние на динамику роста лесных культур в богатых ТЛУ, в особенности в первые годы после их создания. Динамика роста культур ели, созданных 2-летними сеянцами с закрытой корневой системой (ЗКС), 2-летними сеянцами с ОКС и саженцами (СЖ₂₊₂) с ОКС свидетельствует о том, что наиболее высокие показатели роста имеют 7-летние культуры, созданные крупномерными саженцами, средняя высота которых в 1,7-1,8 раза выше, чем культур с использованием в качестве посадочного материала 2-летних сеянцев с ОКС и ЗКС. Средняя высота культур ели с применением при их создании сеянцев с открытой и закрытой корневой системой составила, соответственно, 1,98 м и 2,06 м. Необходимо отметить, что биометрические показатели 2-летних сеянцев с ЗКС и ОКС при посадке культур различались незначительно, их средняя высота составляла 12,6 см, диаметр корневой шейки – 2,0 мм, саженцев – 48,7 см и 12,1 мм соответственно (табл. 1).

Таблица 1

Динамика прироста по высоте 7-летних культур ели, созданных различным видом посадочного материала

Средний прирост по высоте по годам и вариантам опытов, см							Средняя высота 7-летних культур, м
2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	
<i>Посадочный материал СН-2, ЗКС, средняя высота 12,6 см</i>							
12,2	24,2±1,2	26,4±1,3	27,2±1,2	27,9±1,4	28,3±1,3	47,3±2,9	2,06±0,05
<i>Посадочный материал СН-2, ОКС, средняя высота 12,6 см</i>							
8,1	20,8±0,6	22,9±1,0	29,8±1,7	22,8±1,6	33,8±1,6	47,0±1,5	1,98±0,04
<i>Посадочный материал СЖ₂₊₂, ОКС, средняя высота 48,7 см</i>							
10,4	24,9±2,0	39,8±2,4	45,5±3,5	52,5±3,5	66,1±2,2	66,9±1,7	3,55±0,10

Лесные культуры ели саженцами создаются, в основном, с применением мотобура и лесопосадочных машин (ЛМП-1, сажалка лесохозяйственная SZ и другие). Агротехнические уходы за лесными культурами ели проводятся механизированным способом с помощью КЛБ-1,7, вала Краковского, ЗКТ-2500 и других специализированных машин и механизмов, а также вручную с применением кусторезов. С целью успешности создания и роста культур ели необходимо более широкое применение средств механизации при их создании и проведении агротехнических уходов, в том числе с использованием экологически безопасных пестицидов в богатых ТЛУ.

Основными факторами, оказывающими влияние на приживаемость и успешность роста созданных саженцами лесных культур ели являются: вид и качество посадочного материала; соблюдение агротехники создания культур, своевременность, количество и качество проводимых агротехнических уходов в различных ТЛУ; повреждение посадочного материала ксилофагами; неблагоприятные климатические условия.

В лесном фонде на протяжении последних лет с применением ПМЗКС создаются, в основном, лесные культуры сосны обыкновенной, ели европейской и дуба черешчатого. Площади создания культур лиственницы европейской, липы мелколистной, ясеня обыкновенного, ольхи черной с использованием ПМЗКС незначительные. В соответствии с техническими нормативными правовыми актами при использовании посадочного материала с закрытой корневой системой нормативы минимальной густоты создаваемых лесных культур определяются путем уменьшения на 20% нормативов для семян с открытой корневой системой [11-12]. При создании лесных культур биометрические показатели ПМЗК соответствуют требованиям ТУ ВУ600226892.001-2020 «Материал посадочный хвойных и лиственных пород с закрытой корневой системой» [13].

Динамика роста по высоте 2-летних лесных культур сосны обыкновенной, созданных ПМЗКС с различными биометрическими показателями, приведена в таблице 2.

Таблица 2

Средняя высота культур сосны, созданных ПМЗК с различными биометрическими показателями

Высота семян при создании лесных культур, см	Средняя высота, см	
	однолетние	двулетние
14-16	16,9 ± 0,5	32,6 ± 1,3
12-13	13,9 ± 1,1	31,0 ± 1,8
8-10	10,8 ± 0,7	28,4 ± 1,2
5-7	6,3 ± 0,6	24,1 ± 2,4

Установлено, что средняя высота 2-летних культур, созданных сеянцами высотой 5-7 см ниже, соответственно, на 12 % и 26 % средней высоты культур, созданных с применением семян высотой 8-10 см и 14-16 см соответственно.

Изучено влияние вида посадочного материала на рост и продуктивность 37-летних лесных культур дуба черешчатого, созданных механизированным способом с использованием крупномерного и стандартного посадочного по следующим вариантам опыта: I – механизированная посадка 4-летними саженцами дуба по схеме 2,0–3,5×2,0 м, густота посадки – 1750 шт./га; II – механизированная посадка 1-летними сеянцами дуба по схеме 3,5×0,75 м, густота посадки – 3400 шт./га; III – механизированная посадка 4-летними сеянцами дуба и 2-летними сеянцами ели по схеме смешения в ряду Д-Е-Д-Е с размещением 3,5×1,0 м, густота посадки – 3700 шт./га.

Таксационные показатели роста и продуктивности 18-37-летних лесных культур дуба черешчатого представлены в таблице 3.

Таблица 3

Таксационные показатели роста и продуктивности 18-37-летних лесных культур дуба черешчатого

Вариант опыта	Средние таксационные показатели по возрастам культур											
	18 лет			23 года			28 лет			37 лет		
	Высота, м	Диаметр, см	Запас, м ³ /га	Высота, м	Диаметр, см	Запас, м ³ /га	Высота, м	Диаметр, см	Запас, м ³ /га	Высота, м	Диаметр, см	Запас, м ³ /га
I – дуб	6,8	8,1	48	10,6	10,2	65	14,0	16,0	105	18,5	18,7	180
II – дуб	5,2	5,0	16	8,2	6,4	30	12,1	12,0	82	16,8	16,7	100
III – дуб/ель	<u>7,2</u>	<u>7,0</u>	<u>34</u>	<u>10,1</u>	<u>9,7</u>	<u>45</u>	<u>13,5</u>	<u>12,2</u>	<u>50</u>	<u>19,2</u>	<u>17,8</u>	<u>125</u>
	6,7	8,4	10	10,2	11,7	37	16,9	16,0	78	18,4	18,5	130

Установлено, что запас 37-летних лесных культур дуба, созданных крупномерным посадочным материалом, составил 180 м³/га, стандартным посадочным материалом – 100 м³/га, смешанных дубово-еловых культур – 255 м³/га.

Значительное влияние на приживаемость, сохранность и успешность роста лесных культур, особенно в начальный период после создания, оказывают вид и качество посадочного материала; соблюдение агротехники создания культур, своевременность, количество и качество проводимых агротехнических уходов в различных типах лесорастительных условий; повреждение посадочного материала ксилофагами; неблагоприятные климатические условия.

Таким образом, вид посадочного материала и его биометрические показатели оказывают значительное влияние на динамику роста лесных культур основных лесообразующих пород. Применение крупномерных саженцев ели и ПМЗКС является перспективным направлением при лесовосстановлении и лесоразведении в соответствующих лесорастительных и экологических условиях на территории Республики Беларусь.

*E-mail автора для переписки: usenyaforinst@gmail.com

Литература

1. Государственный лесной кадастр Республики Беларусь по состоянию на 1.01.2023 г. / Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь. Лесоуправляющее республиканское унитарное предприятие «Белгослес». – Минск, 2023. – 87 с.
2. Родин, С.А. Эколого-ресурсосберегающие технологии лесовосстановления и моделирование выращивания культур ели на вырубках зоны хвойно-широколиственных лесов : специальность 06.03.01 «Лесные культуры, селекция и семеноводство», 06.03.03 «Лесоведение, лесоводство; лесные пожары и борьба с ними» : автореферат дис. ... д-ра с.-х. наук / Родин Сергей Анатольевич; Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства. – Москва, 2004. – 45 с. : ил. – Библиогр.: с. 41–44. – Место защиты: Московский государственный ун-т леса.
3. Гвоздев, В.К. 30-летний опыт выращивания лесных культур ели европейской разной густоты посадки в центральной части Беларуси / В.К. Гвоздев, А.П. Волкович // Леса России: политика, промышленность, наука, образование : материалы международной научно-технической конференции. Том 1. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2017. – С. 49-52.
4. Крук, Н.К. Современные технологии выращивания саженцев ели европейской в уплотненной школе / Н.К. Крук, Н.И. Якимов, А.П. Волкович // Труды БГТУ. Лесное хозяйство. – 2013. – № 1 (Т. 157). – С. 152-156.
5. Использование посадочного материала с закрытой корневой системой в степной зоне / Е.М. Ананьев, Б.О. Азбаев, Ж.О. Суяндиков [и др.] // Актуальные проблемы лесного комплекса : сборник научных трудов. – Брянск : БГИТУ, 2016. – Вып. 46. – С. 60-63.

6. Гоф, А.А. Эффективность создания лесных культур сосны обыкновенной сеянцами с закрытой корневой системой в ленточных борах Алтая : специальность 06.03.01 «Лесные культуры, селекция и семеноводство» : автореферат дис. ... канд. с.-х. наук / Гоф Александр Александрович ; Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург, 2020. – 18 с. : ил. – Библиогр.: с. 16-17. – Место защиты: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова.
7. Жигунов, А.В. Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой : специальность 06.03.01 «Лесные культуры, селекция и семеноводство» : автореферат дис. ... д-ра с.-х. наук / Жигунов Анатолий Васильевич ; Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства. – Санкт-Петербург, 1998.– 24 с. : ил. – Библиогр.: с. 37-44. – Место защиты: Санкт-Петербургская Государственная лесотехническая академия.
8. Бартенев, И.М. К вопросу создания лесных культур посадкой ПМЗК / И.М. Бартенев // Лесотехнический журнал. – 2013. – Вып. № 2 (10). – С. 123-130.
9. Праходский, С.А. Приживаемость и устойчивость лесных культур сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), созданных различным посадочным материалом / С.А. Праходский // Труды БГТУ. Сер. I. Лесное хозяйство. – Минск : БГТУ, 2009. – Вып. XVII. – С. 290-292.
10. Крук, Н.К. Разработка новых приемов выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой / Н.К. Крук, А.М. Граник // Труды БГТУ. – Минск : БГТУ, 2015. – № 1 (174). – С. 124-127.
11. ТКП 667-2022 (33090). Правила лесовосстановления и лесоразведения = Правілы лесааднаўлення і лесаразвядзення : технический кодекс установившейся практики : издание официальное : утвержден и введен в действие постановлением Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 03.08.2022 г. № 13 : введен впервые : дата введения 2022-08-15 / разработан Министерством лесного хозяйства Республики Беларусь. – Минск : Минлесхоз, 2022. – 23 с.
12. Положение о порядке лесовосстановления и лесоразведения : текст с изменениями и дополнениями на 24 марта 2022 года : официальное издание [утверждено постановлением Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 19 декабря 2016 г. № 80 : введен впервые : дата введения 2016-12-31]. – Минск, 2022. – 55 с.
13. ТУ ВУ 600226892.001-2020. Материал лесной посадочный хвойных и лиственных пород с закрытой корневой системой : технические условия : утвержден 24.12.2020 г. : введен впервые : дата введения 2021.01.04 / разработан Белорусским государственным технологическим университетом. – Минск, 2021. – 10 с.

DOI 10.21178/160524.356

УДК 632.95

Влияние различных препаратов на рост и развитие сеянцев лиственницы сибирской

© С.Б. Усманов^{1*}, А.Р. Мухаметшина¹, Н.М. Тазмеев², Х.Г. Мусин¹, Р.Р. Сибгатуллина¹

¹ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», ул. Карла Маркса, 65, Казань, 420015, Россия

²ГКУ «Кзыл-Юлдузское лесничество», Парковая, с. Кзыл-Юлдузский Лесхоз, 422667, Рыбно-Слободский район, Республика Татарстан, Россия

Статья посвящена исследованию эффективности методов выращивания лиственницы сибирской в условиях Республики Татарстан. Особое внимание уделяется комбинированному применению различных препаратов направленных на повышение устойчивости, обеспечения стимулирования грунтовой всхожести и роста посадочного материала. Результаты подчеркивают потенциал интенсивных технологий для оптимизации процессов лесоразведения, важность разработки адаптированных методик для местных климатических и почвенных условий, учитывая специфику региональной флоры и фауны.

The article is devoted to the research of efficiency of methods of cultivation of Siberian larch in the conditions of the Republic of Tatarstan. Special attention is paid to the combined application of various preparations aimed at increasing stability, providing stimulation of ground germination and growth of planting material. The results emphasize the potential of intensive technologies to optimize afforestation processes, the importance of developing adapted methods for local climatic and soil conditions, taking into account the specificity of regional flora and fauna.

Лесные насаждения являются неотъемлемой частью человеческой жизни, предоставляя разнообразные ресурсы, положительно влияющие на окружающую среду. В Республике Татарстан хвойные породы играют ведущую роль в процессах защитного лесоразведения, выполняя ключевые функции, как в экологическом, так и в экономическом контексте.

Для обеспечения базисных питомников достаточным количеством сеянцев древесных пород, особенно хвойных, необходимо пересмотреть методы выращивания в условиях, где наблюдается заметное снижение их производительности. Особое внимание следует уделить обеспечению растений макро- и микроэлементами при использовании интенсивных технологий [1].

Синергия между интенсивными технологиями выращивания и использованием препаратов открывает новые горизонты для повышения продуктивности лесного хозяйства. Комбинированный подход к обеспечению растений всеми необходимыми питательными элементами, а также повышение их устойчивости к заболеваниям, становится ключевым элементом эффективного лесоуправления и поддержания экосистем в здоровом состоянии [2].

Лиственница сибирская, хоть и не является коренной для республики породой, но имеет потенциал быть более эффективной в условиях интродукции. Научные

исследования подтверждают, что интродуценты проявляют высокую эффективность в поглощении и использовании минеральных элементов из почвы, особенно в экстремальных условиях, по сравнению с местными породами [3]. Это подчеркивает их потенциал для укрепления экосистем в условиях переменчивости окружающей среды. Однако, в последние годы в регионе активно распространяется болезнь шютте лиственниц, вызванная грибом *Meria laricis* Vuill., что может привести к серьезным последствиям для сеянцев.

Усовершенствование системы защиты растений от болезней требует постоянного обновления ассортимента химических средств и поиска наиболее эффективных методов их применения. Научные исследования демонстрируют, что использование разнообразных препаратов открывает перспективы для увеличения объемов производства высококачественного посадочного материала и обеспечивает здоровье будущих лесных насаждений [4, 5, 6]. Тем не менее, успешное применение средств защиты растений существенно зависит от наличия необходимых элементов питания. Внекорневая подкормка не только компенсирует дефицит питательных веществ в критические фазы роста и развития растений, но также существенно сокращает расход дорогостоящих удобрений [7].

Следовательно, для глубокого понимания механизмов по комбинированному использованию удобрений и препаратов при восстановлении лесов и оптимизации лесохозяйственной деятельности, требуется проведение дополнительных исследований.

Цель проведенного исследования – оценка эффективности различных препаратов и удобрений при выращивании посадочного материала лиственницы сибирской.

Исследования проводились на открытом грунте в питомнике ГБУ «Учебно-опытный Пригородный лесхоз». Фокусом нашего изучения служили всходы и одно-двухлетние сеянцы лиственницы сибирской, выращиваемые из стратифицированных семян I класса качества. Участок исследования был поделён на 6 площадок по 7 м² каждая. Для защиты молодых растений от болезней применялся фунгицид Азорро, а также внекорневые стимуляторы роста, такие как Агростимул и Эмистим, вместе с жидким удобрением Интермаг.

Азорро – является комбинированным фунгицидом (азоксистробин 100 г/л, карбендазим 300 г/л). Имеет средний класс опасности для человека [8].

Агростимул – биостимулятор роста (дигидрокверцетин 50 г/л) [9].

Эмистим – стимулятор роста (продукты метаболизма гриба *Acremonium lichenicola* 0.01 г/л) [10].

Интермаг – концентрированное жидкое удобрение (N – 195.0; MgO – 26.0; SO₃ – 59.0; Cu – 11.7; Fe – 10.4; Mn – 14.3; Mo – 0.07; Zn – 13.0; Ti – 0.26) [11].

В течение вегетационного периода было проведено двухкратное опрыскивание сеянцев системным фунгицидом, превосходящим несистемные по эффективности [12]. Степень зараженности оказывает влияние на выход посадочного материала [13, 14]. Нормативный выход лиственницы сибирской в лесной зоне смешанных лесов составляет 1000 тыс. шт./га [15]. По нашим исследованиям, контроль без обработки фунгицидом проявляет выход от 399 до 633 тыс. шт./га, в то время как использование фунгицида Азорро повышает выход до 1633 тыс. шт./га, значительно превышая установленную норму (табл. 1). Эти данные свидетельствуют об эффективности применения данного препарата.

Учеты, проведенные на разных фазах роста растений, позволяют эффективно оценить применение стимулирующих и удобрительных препаратов. В случае внекорневой обработки препаратами Агростимул, Эмистим и Интермаг без использования фунгицида наблюдается повышение выхода сеянцев на 33.3-58.0% по сравнению с контрольным вариантом. Влияние удобрений и стимуляторов роста на грунтовую всхожесть остается незначительным, при этом во всех вариантах опытов она остается практически на одном уровне и составляет от 10.0 до 10.4%. Однако комбинация препарата Эмистим и

фунгицида Азорро способствовало защите от болезни шютте лиственницы и выходу семян 1667 тыс. шт./га, что превышает значение контроля (табл. 1).

Таблица 1

Воздействие различных препаратов на характеристики посевов и выход стандартного материала лиственницы сибирской

Фон	Вариант	Грунтовая всхожесть, %		Выход семян на 1 п. м		Выход семян на 1 га		
		Всего	Отн. контроля	Всего, шт.	Отн. контроля, %	Всего, тыс. шт.	Из них стандартных	
							тыс. шт.	%
Контроль	Контроль	10,0	100,0	12,0	100,0	1400	399	28,5
	Агростимул	10,0	100,0	19,0	158,0	1767	633	35,8
	Эмистим	10,4	104,0	16,0	133,3	1667	533	32,0
	Интермаг	10,4	104,0	18,0	150,0	1714	599	35,0
Азорро	Контроль	10,4	100,0	49,0	100,0	1756	1633	93,0
	Агростимул	10,4	100,0	41,0	83,6	1367	1260	92,2
	Эмистим	10,1	96,0	50,0	102,0	1718	1667	97,0
	Интермаг	10,1	97,8	43,0	87,7	1593	1433	90,0
	НСР ₀₅	А	В	А	В		А	В
		1,83	2,49	5,24	3,23		3,00	3,21
		0,92	1,44	2,62	1,87		1,50	1,85

При анализе определялась категория состояния семян в зависимости от степени повреждения хвои: 1 – в идеальном состоянии; 2 – с легкими повреждениями (менее 25 % хвои); 3 – со средними повреждениями (26–50 % хвои); 4 – с выраженными повреждениями (более 50% хвои); 5 – погибшие растения. Большинство растений относились к категориям 1–3 по состоянию, с высоким процентом здоровых растений (60.7–69.6 %), небольшим количеством с поражением хвои менее 25 % (5,1–47,3 %), и умеренным процентом с поражением от 26 до 50 % (5,4–35,4 %).

Обнаружено положительное воздействие фунгицида на биометрические характеристики двухлетних семян лиственницы сибирской (табл. 2). В контрольной группе, где отсутствовало применение фунгицида, высота семян составляла всего 20.0 см. Считается, что основным ограничивающим фактором для роста в этом случае является зараженность шютте. Заболевшие растения не способны обеспечить ожидаемый рост семян. В группах с применением фунгицида высота варьировала в пределах 28.0–34.0 см, а средний диаметр корневой шейки двухлетних семян составлял 0.4–0.5 см.

Таблица 2

Воздействие различных препаратов на рост лиственницы сибирской

Вариант	Высота, см		Прирост по высоте, см		Диаметр корневой шейки, см		Прирост диаметра корневой шейки, см	
	1-летние семена	2-летние семена	Всего	Откл. от контроля	1-летние семена	2-летние семена	Всего	Откл. от контроля
Фон: Контроль								
Контроль	16,4	20,0	+3,6	-	0,3	0,4	+0,1	-
Агростимул	17,0	20,0	+3,0	+0,6	0,3	0,4	+0,1	-0.01

Эмистим	16,3	21,0	+4,7	+1,1	0,3	0,4	+0,1	+0,03	
Интермаг	15,0	24,0	+9,0	+4,4	0,3	0,4	+0,1	-0,06	
Фон: Азорро									
Контроль	16,0	32,0	+16,0	-	0,3	0,4	+0,1	-	
Агростимул	20,0	28,0	+8,0	-6,0	0,3	0,5	+0,2	+0,08	
Эмистим	18,0	30,0	+12,0	-4,0	0,3	0,4	+0,1	+0,03	
Интермаг	21,0	34,0	+13,0	-3,0	0,3	0,4	+0,1	+0,05	
НСР ₀₅	А	В	А	В		А	В	А	В
	5,61	2,81	2,11	3,20		0,06	0,03	0,04	0,03
	3,22	1,86	1,05	1,84		0,03	0,02	0,02	0,02

Исследование подчеркивает эффективность комбинированного использования стимуляторов роста и удобрений вместе с фунгицидом для выращивания лиственницы сибирской в Республике Татарстан. Применение фунгицида Азорро с перпаратами Агростимул, Эмистим и Интермаг значительно повысило выход посадочного материала, превышая нормативы. Также, применение фунгицида положительно повлияло на состояние и биометрические показатели семян. Несмотря на такие вызовы, как шютте лиственницы, использование интенсивных технологий представляет перспективы для укрепления экосистем и обеспечения продуктивности лесного хозяйства в регионе. Дополнительные исследования необходимы для глубокого понимания механизмов и оптимального сочетания удобрений и препаратов в лесопромышленном управлении.

*E-mail автора для переписки: salusmanov7@yandex.ru

Литература

1. Панасин, В.И. Мониторинг микроэлементного состояния агроэкосистем / В.И. Панасин // Агрохимический вестник. – 2014. – № 4. – С. 18-21.
2. Заболотских, В.В. Концептуальные и технологические подходы к восстановлению устойчивости и плодородия почв / В.В. Заболотских // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – № 1-7. – С. 1833-1839.
3. Чернышенко, О.В. Особенности минерального питания хвойных древесных растений на промышленных отвалах Егорьевского месторождения фосфоритов / О.В. Чернышенко, С.Б. Васильев // Лесной вестник. – 2019. – Т. 23, № 5. – С. 46-53.
4. Мухаметшина, А.Р. Влияние стимулятора роста «Рибав-экстра» на всхожесть семян туи западной / А.Р. Мухаметшина, А. М. Сабиров, С.Б. Усманов, Н.М. Тазмеев // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: Материалы XX Международной научно-технической конференции, Вологда, 06 декабря 2022 года / Ответственный редактор Е.А. Иванищева. – Вологда : Вологодский государственный университет, 2022. – С. 162-164. – EDN SZBHRK.
5. Усманов, С.Б. Эффективность влияния биопрепаратов на энергию прорастания и всхожесть семян хвойных пород / С.Б. Усманов, Н.М. Тазмеев, А.Р. Мухаметшина [и др.] // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2023. – Вып. 245. – С. 112-125. – DOI 10.21266/2079-4304.2023.245.112-125. – EDN UXATHG.
6. Муфтахова, С.И. Анализ всхожести и динамики роста семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) с закрытой корневой системой / С.И. Муфтахова, И.Г. Сабирзянов, Л.М. Ишбирдина // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2022. – № 4(64). – С. 43-50. – DOI 10.31563/1684-7628-2022-64-4-43-50. – EDN NLRHPZ.
7. Осипов, А.И. Роль удобрений в плодородии почв и питании растений / А.И. Осипов // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2020. – № 2. – С. 874-887.
8. Резвякова, С.В. Урожайность озимой пшеницы в связи с защитой от грибных болезней в условиях Орловской области / С.В. Резвякова, Н.И. Ботуз, Е.В. Митина // Вестник ОрелГАУ. – 2021. – № 1 (88). – С. 68-74.

9. Бобкова, Ю.А. Эффективность применения регулятора роста растений агростимул при предпосевной обработке семян сельскохозяйственных культур / Ю.А. Бобкова, С.М. Овсянникова // Вестник сельского развития и социальной политики. – 2020. – № 1 (25). – С. 18-21.
10. Носников, В.В. Эффективность предпосевной обработки семян сосны и ели препаратом Эмистим-С / В.В. Носников, А.П. Волкович, А.В. Юрени, В.А. Ярмолович // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2014. – № 1 (165). – С. 150-153.
11. Ерохин, А.И. Эффективность совместного применения препарата Интермаг Профи и фунгицида Титул Дуо, Ккр на урожайность гороха при внекорневой обработке растений / А.И. Ерохин, З.Р. Цуканова, Е.В. Латынцева // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 3 (27). – С. 22-25.
12. Уэйн, Р.Л. Системные фунгициды / Р.Л. Уэйн, Дж.А. Картер, Д. Вудкок и др. – М. : Мир. – 1975. – 304 с.
13. Шашкина, С.В. О влиянии некоторых особенностей выращивания посадочного материала на доходность лесопитомника / С.В. Шашкина // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2000. – № 4. – С. 37-41.
14. Тазиев, И.Р. Сравнительный анализ эффективности применения различных препаратов при выращивании сеянцев дуба черешчатого в условиях Республики Татарстан / И.Р. Тазиев, Н.М. Тазмеев, Х.Г. Мусин [и др.] // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2023. – № 2. – С. 45-56. – DOI 10.21178/2079-6080.2023.2.45. – EDN TRIJRM.
15. Об утверждении Норм выхода стандартных сеянцев деревьев и кустарников в лесных питомниках Российской Федерации : Приказ Федеральная службы лесного хозяйства России от 25 октября 1995 г. N 144 // Электронный фонд правовой и нормативно-технической информации : офиц. сайт / Акционерное общество «Информационная компания «Кодекс». – Электрон. фонд правовой и нормативно-технической информации. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9015220> (дата обращения: 18.12.2023).

DOI 10.21178/160524.361

УДК 614.841.42: 632.187.1

Пожары в лиственничниках криолитозоны: мониторинг и стратегия борьбы в условиях возрастающей горимости

© В.И. Харук^{1,2*}, Л.В. Буряк¹, М.Л. Двинская^{1,2}, И.А. Петров^{1,2}, Е.Г. Швецов¹

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева КНЦ, Россия, 660036, Красноярск, Академгородок № 50, стр. 28

²Томский Государственный университет, Россия, 634050, Томск, ул. Ленина, 36

В криолитозоне возрастают интенсивность, частота и площадь пожаров. Вместе с тем периодические пожары – важный фактор 1) сохранения доминирования лиственницы в криолитозоне и 2) снижения вероятности развития катастрофических пожаров. Лиственница успешно (500+ тыс. подроста на 1 га) возобновляется на горях с быстрым восстановлением первичной валовой продуктивности (GPP). В условиях возрастающей горимости необходимо сфокусировать борьбу с пожарами в зонах приоритетной социальной, природной и экономической значимости, контролируя пожары вне указанных территорий методами мониторинга.

In the permafrost zone, an increase in the fire intensity, frequency and in burned area is observed. At the same time, periodic fires are an important factor in (1) maintaining the larch dominance in the permafrost zone and (2) reducing the likelihood of the catastrophic fires. Larch successfully (500+ thousand saplings per ha) regenerates in burnt areas. There is a rapid recovery of Gross Primary Productivity (GPP) in burns. In conditions of burning rate increase, it is necessary to focus the firefighting on the areas with priority social, natural and economic significance with the fires control outside these areas by monitoring methods.

1. Лиственничные леса криолитозоны

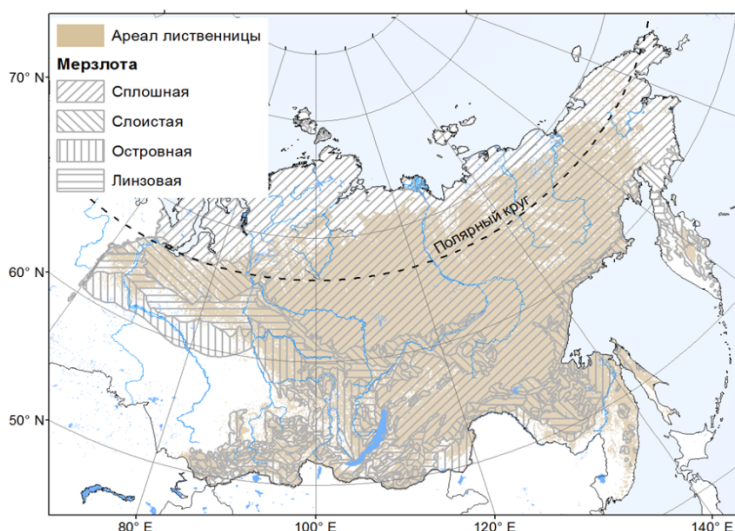


Рис. 1. Ареал лиственницы в криолитозоне и зоны распространения сплошной, слоистой, островной и линзовой мерзлоты. Ареал лиственницы (*Larix sibirica*, *L. gmelinii* и *L. cajanderi*), основной лесообразующей породы России, расположен преимущественно в криолитозоне где до 80 % лесов сформированы лиственницей на площади свыше 300 миллионов га (рис. 1). Именно в лиственничниках наблюдается большинство возгораний и максимальная площадь, пройденных огнем лесных земель. Лиственничные леса криолитозоны представляют крупнейшую зону стока углерода в Евразии. Вместе с тем, возрастающая горимость лесов рассматривается как фактор риска их трансформации в источник атмосферного углерода.

2. Горимость лиственничников в меняющемся климате

С потеплением климата в лиственничниках, как и в других лесных формациях бореальной зоны, увеличиваются частота и площадь пожаров [1–3]. В Сибири в ареале лиственницы наблюдаются возрастающие тренды средней и суммарной площадей гарей, а также пропорции больших ($S > 200$ га) и экстремальных ($S > 10,000$ га) пожаров. Увеличивается интенсивность и частота пожаров, за последнее десятилетие двукратно возросла средняя площадь гари. В экстремальные годы общая площадь гарей превышает 15 млн га (рис. 2а, 2б). Хотя численность экстремальных пожаров не превышает 5 %, они обуславливают до 80% общей площади гарей. Географически частота пожаров снижается в северном направлении, тогда как площадь гарей возрастает, достигая максимальных значений в интервале 60–70° с. ш. [2].

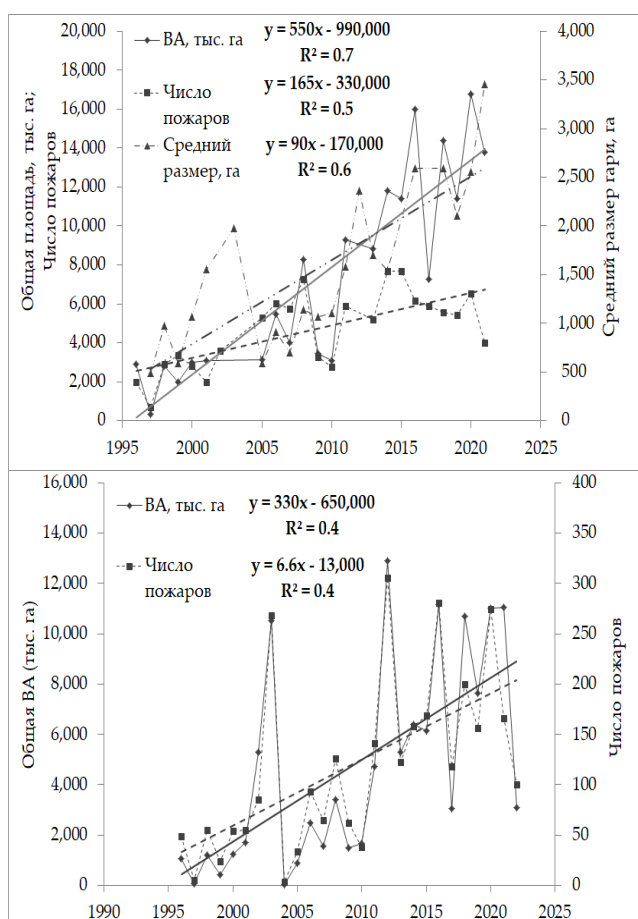


Рис. 2. В ареале лиственницы наблюдаются возрастающие тренды (а) числа пожаров, общей и средней площади гарей, а также (б) площади и числа экстремальных (>10,000 га) пожаров. Тренды значимы при $p < 0,01$.

BA – площадь гари

Горимость возрастает и за пределами Полярного круга. Во второй декаде 21-го столетия в арктической лесотундре и тундре троекратно возросла площадь гарей вследствие потепления климата, повлекшего удлинение пожароопасного сезона, снижение влажности напочвенного покрова, а также увеличение количества молниевых разрядов. Граница возгораний смещается в направлении к Северному Ледовитому океану, достигнув его побережья в Восточной Сибири [4].

Параметры горимости связаны экспоненциальной зависимостью с влажностью напочвенного покрова и воздуха (снижаются), температурой воздуха и длительностью сезона горимости (возрастают), а также зависят от источников возгораний (преимущественно молниевых разрядов, основного источника возгораний в высоких широтах).

3. Периодические пожары и жизненный цикл лиственницы

Лиственница способна выживать после неоднократного воздействия низовых пожаров низкой и средней интенсивности, что прослеживается по пожарным подсушинам на стволах выживших деревьев. На гарях в криолитозоне, как правило, остается мозаика выживших деревьев и их кластеров (рефугиумов), поскольку неоднородности рельефа позволяют деревьям пережить даже высокоинтенсивные пожары. Такие деревья служат источником семян для возобновления лиственницы. Более того, созревшие семена в погибшем материнском древостое также обеспечивают возобновление лиственницы, выпадая из шишек ранней весной. Ветер и талая вода разносят семена лиственницы по участкам гарей.

С выгоранием напочвенного покрова улучшаются условия для успешного возобновления лиственницы. Легкие семена лиственницы не зависают на мохово-лишайниковой подушке, а укореняются в минерализованной пожаром поверхности почвогрунтов. Улучшается дренаж почвы, увеличивается глубина сезонно-талого слоя (до 1.0 м и выше, в зависимости от условий произрастания) и, соответственно, глубина корнеобитаемого слоя. Почва на гарях обогащается биогенными элементами (фосфором, калием, азотом и др.). С исчезновением верхнего полога улучшается световой режим, что важно для светолюбивой лиственницы. В целом пирогенная мелиорация способствует успешному поселению и росту лиственницы на гарях (численность возобновления достигает 500 тыс.экз./га и выше) (рис. 3) [1]. В дальнейшем разрастание термоизолирующего мохово-лишайникового покрова замедляет рост лиственницы вследствие уменьшения глубины корнеобитаемого слоя из-за снижения глубины сезонного оттаивания почвогрунтов.





Рис. 3: а) – лиственничники, сформированные *L. gmelinii*, произрастающие в зоне низкой частоты пожаров (~70 с. ш.; межпожарный интервал ~ 300 лет.). Численность возобновления <200 га. Большинство деревьев перестойные (А = 300...500+ лет); б) – возобновляющаяся гарь. Численность возобновления >500,000/га. Бассейн р. Эмбечиме

также в Арктике наблюдается преимущественное возрастание GPP, индуцированное потеплением. В совокупности полученные результаты указывают на сохранение лиственничниками Сибири углерод-депонирующей функции [1, 2, 4].

Лиственница, являясь пирофитом, извлекает конкурентные преимущества в росте и возобновлении в сравнении с не адаптированными к воздействию пожаров видами. В течение всего Голоцена – и ранее – периодические пожары способствовали поддержанию функциональной устойчивости лиственничников и сохранению биоразнообразия в лиственничных фитоценозах, представляя необходимое условие доминирования лиственницы в криолитозоне. Известно, что полное исключение пожаров в лиственничках, а также в ряде других типов леса, влечет вырождение древостоев, ухудшение их производительности и омоложения, а также накопление горючих материалов в виде опада, мхов, лишайников, валежа и сухостоя, что увеличивает вероятность возникновения катастрофических пожаров [1, 5, 6]. В целом периодические природные пожары представляют важнейший экологический фактор жизненного цикла лиственницы и необходимое условие доминирования лиственницы в криолитозоне [1, 2].

4. Борьба с лесными пожарами в условиях меняющегося климата

В условиях возрастающей и прогнозируемой горимости необходима разработка новой стратегии борьбы с пожарами. Необходимо осознать, что с продолжающимся потеплением ущерб от пожаров будет возрастать, при этом возможности тушения всех возникающих пожаров будут снижаться. Наряду с этим следует учитывать экологическую роль пожаров в лесных фитоценозах, сформированных пирофитными видами древесных растений, поскольку тотальное тушение влечет деградацию древостоев и снижение биоразнообразия в лесных ландшафтах [1–3, 5].

Следует отметить, что периодические природные пожары представляют часть решения проблемы лесных пожаров, поскольку они снижают вероятность развития катастрофических пожаров, а также содействуют поддержанию и восстановлению лесных экосистем. В этом аспекте природные пожары рассматриваются в качестве необходимого инструмента борьбы с катастрофическими пожарами в криолитозоне, поскольку иные способы (управляемые пожары, удаление горючих материалов) не способны

Вместе с тем в зоне не сплошной мерзлоты (южная часть криолитозоны) численность лиственничного подроста на 2–3 порядка ниже, а возобновление на гарях преимущественно мелколиственными породами. Возрастающая частота пожаров на юге ареала лиственницы способствует трансформации части лиственничников в мелколиственные и травяно-кустарниковые сообщества [2].

Несмотря на увеличение горимости в криолитозоне, на гарях происходит сравнительно быстрое (в течение 10–15 лет) восстановление величины валовой первичной продуктивности (GPP). Наряду с этим, в криолитозоне, а

поддерживать и восстанавливать обширные и зависимые от пожаров экосистемы северных лесов [3, 6].

Среди экологов растёт понимание важной роли пожаров в поддержании и восстановлении природных экосистем и сохранении в них биоразнообразия [5, 6]. В этой связи предлагается смена парадигмы: вместо тотальной борьбы с пожарами допускать лесные пожары на уровне обширных лесных ландшафтов, контролируя горимость методами мониторинга и прибегая к тушению природных пожаров в случае угрозы населению и особо охраняемым территориям [5, 6]. Учитывая важную экологическую значимость периодических пожаров для лиственничников криолитозоны, бессмысленно тратить людские и финансовые ресурсы на борьбу со всеми возникающими в этой зоне пожарами. Вместе с тем необходимо совершенствовать методы борьбы с пожарами, включая повышение технической оснащённости огнеборцев, создание парка «самолетов - цистерн» и постройку дополнительных авиабаз для целей лесоохраны. Необходимо сфокусироваться на приоритетной охране территорий с высокой социальной, природной и экономической ценностью, учитывая значимость подверженных опасности лесов, их вне рыночную стоимость, наличие индустриальной инфраструктуры и населенных пунктов, воздействие задымления на здоровье людей, а также сравнительную стоимость потенциального ущерба и затрат на борьбу с пожарами.

Заключение

1. Лиственница представляет адаптированный к периодическим пожарам пирофит, извлекающий конкурентные преимущества в сравнении с неадаптированными видами. Периодические природные пожары – важнейший экологический фактор поддержания здоровья лиственничников криолитозоны, сохранения в них биоразнообразия и доминирования лиственницы.

2. Необходимо осознать, что потепление климата повлечет дальнейшее возрастание горимости лесов, усиление задымленности атмосферы и воздействия на здоровье людей, тогда как наши возможности борьбы с огнем будут снижаться. В этой связи требуется изменения стратегии - вместо борьбы со всеми пожарами необходимо сфокусировать усилия на территориях с приоритетной социальной, природной и экономической значимостью, контролируя пожары вне указанных территорий методами мониторинга.

Необходимо районировать лесные территории по уровню приоритета борьбы с пожарами. Такой адаптивный подход к борьбе с пожарами в условиях возрастающей горимости лесов пока что не находит должного понимания ни у политиков, ни у общественности. Вместе с тем стратегия тушения пожаров на основе приемлемых рисков возможного ущерба уже реализована в Канаде. Основы указанной стратегии были заложены в системе борьбы с лесными пожарами, разработанной советскими пирологами.

3. Несмотря на увеличение горимости, динамика восстановления валовой первичной продуктивности на горях и преимущественно возрастающие тренды GPP в таёжных экосистемах указывает на сохранение лиственничниками Сибири статуса стока углерода.

Работа поддержана программой Томского Государственного университета «Приоритет 2030» и Базовым проектом ФИЦ КНЦ № 0287-2021-0008

*E-mail автора для переписки: v7sib@mail.ru

Литература

1. Kharuk, V.I. Wildfires in the Siberian taiga / V.I. Kharuk, E.I. Ponomarev, G.A. Ivanova, M.L. Dvinskaya, S.C.P. Coogan, M.D. Flannigan // *Ambio*. – 2021. – № 50. – P. 1953-1974. – DOI <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01490-x>.

2. Kharuk, V.I. Wildfires in the Larch Range within Permafrost, Siberia / V.I. Kharuk, E.G. Shvetsov, L.V. Buryak, A.S. Golyukov, M.L. Dvinskaya, I.A. Petrov // *Fire*. – 2023. – № 6. – p. 301. – DOI <https://doi.org/10.3390/fire6080301>.
3. Coogan, S.C.P. Scientists' warning on wildfire – a Canadian perspective / S.C.P. Coogan, F.-N. Robinne, P. Jain, M.D. Flannigan // *Canadian Journal of Forest Research*. – 2019. – № 49. – P. 1–9.
4. Kharuk, V.I. Lightning-Ignited Wildfires beyond the Polar Circle / V.I. Kharuk, M.L. Dvinskaya, A.S. Golyukov, S.T. Im, A.V. Stalmak // *Atmosphere*. – 2023. – № 14. – P. 957. – DOI <https://doi.org/10.3390/atmos14060957>.
5. Tymstra, C. Wildfire management in Canada: Review, challenges and opportunities / C. Tymstra, B. Stocks, X. Cai, M. Flannigan // *Progress in Disaster Science*. – 2020. – № 5. – P. 10004. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2019.100045>.
6. Kreider, M.R. The scientific value of fire in wilderness / M.R. Kreider, M.R. Jafe, J.K. Berkey, S.A. Parks, A.J. Larson // *Fire Ecology*. – 2023. – № 19. – P. 36. – DOI <https://doi.org/10.1186/s42408-023-00195-2>.

DOI 10.21178/160524.367

УДК 630*161.182.21.

Система интенсивного воспроизводства дубовых лесов в условиях лесостепи

© В.В. Чеботарева^{2*}, В.Г. Стороженко¹, П.А. Чеботарев¹

¹ФГБУН Институт лесоведения РАН, ул. Советская, д. 21, с. Успенское, Одинцовский район, Московская обл., 143030, Россия

²Филиал Теллермановское опытное лесничество ФГБУН Института лесоведения РАН ул. Корнаковского, д. 12, пос. Теллермановский, Грибановский район, Воронежская обл., 397206, Россия

В Теллермановском опытном лесничестве Института лесоведения РАН разработана и применена на практике система интенсивного воспроизводства нагорных дубрав лесостепи с сокращенным до 16 лет циклом уходов за культурами дуба черешчатого с прогнозируемым составом 8-10 единиц дуба в формуле состава насаждений, сомкнутых в рядах и междурядьях к концу обозначенного временного периода. Рассматривается возможность доминирования дуба черешчатого в составе древостоя в процессе хозяйственного воздействия.

In the Tellerman experimental forestry of the Institute of Forestry of the Russian Academy of Sciences, a system of intensive reproduction of upland oak forests of the forest-steppe with a cycle of care for pedunculate oak crops reduced to 16 years with a predicted composition of 8-10 oak units in the formula for the composition of plantings, closed in rows and row-spacings by the end of the designated time period. The possibility of dominance of pedunculate oak in the forest stand in the process of economic impact is considered.

Краткая справка о Теллермановском лесе

Дубовые леса Воронежского региона ценились еще со времен Петра I. Он самолично составил «Инструкцию обер-вальдмейстеру» (лесничему), которая обязывала – «в которых местах готовится дуб, там по вырублении старого запускать молодым лесом и беречь потомкам пока в годность не придет» [7]. Впервые Теллермановская корабельная роща была лесоустроена в 1847 году.

Научные лесоводственные исследования в Теллермановской дубраве были организованы первым лесничим – Григорием Андреевичем Корнаковским (1887–1907), обосновавшим чересполосные рубки [3].

Огромное значение дубовых массивов для юга лесостепной зоны определило необходимость организации в этом регионе научной базы для изучения биологии дуба, разработки мер по восстановлению дубовых лесов на площадях плановых рубок дубовых лесов. Таким образом, 70 лет назад выдающимся лесоведом, основателем учения о лесной биогеоценологии, Владимиром Николаевичем Сукачевым, который в то время руководил Лабораторией лесоведения, был создан стационар Теллермановское опытное лесничество. Позднее, энергией выдающегося лесоведа-болотоведа Станислава Эдуардовича Вомперского Лаборатория лесоведения была преобразована в Институт лесоведения, а Теллермановское опытное лесничество приобрело статус Филиала ИЛАН РАН.

В тот момент, когда западная Европа занимается интенсивным восстановлением дубовых лесов, а дефицит качественной древесины дуба восполняет за счёт экспорта из России, в нашей стране лесовосстановление в дубраве находится на очень низком уровне. Эта тенденция приведёт уже в пределах трёх десятилетий к полному истощению запасов древесины дуба, что в свою очередь вызовет закрытие целой отрасли по её переработке; импорту из западной Европы полуфабрикатов или готовой продукции.

«Дубравы занимают в лесном фонде России около 2,5 млн гектаров. За последние 30 лет их площади сократились почти на 900 тысяч гектаров, или на 20 %, и продолжают ежегодно сокращаться примерно на 50 тысяч гектаров» [5, 11, 13]. В этой связи важным для лесного хозяйства страны в целом является выработка оптимальной стратегии ведения лесного хозяйства для сохранения присутствия дуба как основной эдификаторной породы в составе древостоев.

Нашими многолетними научными исследованиями установлено следующее:

1. *Сохранение дубравы порослевым путем* абсолютно бесперспективно с экологической и хозяйственной точек зрения [22]. Кроме этого, восстановление дуба порослевым путем от пней срубленных деревьев подтверждено с вероятностью у 30-34 % деревьев [1],[3],[4],[10].

2. *Заповедывание дубравы.* Общеизвестно, что дуб черешчатый является светолюбивой породой, поэтому естественный подрост дуба под пологом древостоя в течение нескольких лет превращается в торчки и затем под тенью поросли погибает совсем [14].

3. *Естественное семенное возобновление дуба на богатых почвах на вырубках.* Данный метод не нашел применения из-за цикличного плодоношения деревьев дуба 1 раз в 5-7 лет; несопоставимо быстрого роста семенного и порослевого возобновления сопутствующих дубу пород; невозможности проведения качественных уходов за всходами дуба и, как следствие, их затенение и гибель [2, 8, 9, 10, 12].

4. *Восстановление дубравы согласно действующих Правил лесовосстановления* (приказ Минприроды от 29.12.2021 г. № 1024) [10], положения которых в части количества, кратности лесохозяйственных и лесоводственных уходов за лесными культурами дуба не соответствует биологии развития дуба, и в итоге создаются условия для ускорения сукцессионных процессов в дубраве [4, 10].

5. *Создание культур дуба саженцами с закрытой корневой системой (ЗКС) в аридном климате лесостепной зоны.* При этом способе л/в основными причинами гибели посаженных культур дуба являются: отсутствие стержневого корня или его скручивание на дне стаканчика; высыхающая торфяная смесь вместе с корневыми системами сеянцев после посадки на лесокультурных площадях; несоответствие размеров стаканчика морфологическим особенностям корневых систем дубовых сеянцев, при этом применение химических препаратов, тормозящих рост стержневого корня, так же ведет к гибели из-за невозможности нормального развития стержневой корневой системы при высадке в открытый грунт [15]. Кроме этого, затраты на выращивание одного саженца с ЗКС многократно превышают затраты на выращивание одного сеянца в открытом грунте лесного питомника или на посев 3-5 желудей в одно посадочное место.

Таким образом, исследуя накопленный опыт выращивания дубовых насаждений, приходим к выводу, что ни один из используемых подходов к лесовосстановлению дубравы не дает прогнозируемого стабильно положительного результата.

В Теллермановском опытном лесничестве Института лесоведения РАН, расположенном на границе лесостепной и степной лесорастительных зон, накоплен большой объём экспериментального материала, который позволил выработать реальные предложения по созданию дубовых лесов с высокими деловыми качествами древесины, сохраняющих в то же время генофонд ценной для лесных экосистем лесостепи породы. Разработана и применена на практике *система интенсивного воспроизводства нагорных дубрав лесостепи* с сокращенным до 16 лет циклом уходов за культурами дуба

черешчатого с прогнозируемым составом 8-10 единиц дуба в формуле состава насаждений, сомкнутых в рядах и междурядах к концу обозначенного временного периода, тогда как при традиционном методе рубок ухода к возрасту спелости подходит насаждение с 3-4 единицами дуба в составе преимущественно порослевого происхождения [10, 14].

Таблица 1

Краткие лесоводственные характеристики древостоев до их вырубки

Квартал-выдел	Состав; тип условий местопроизрастания; бонитет; полнота; запас, м ³ га	Средние данные		
		Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, м
7-1	4Я2Дн2Кло2Лп; Д.1; I; 0,7; 252 м ³	125	29,0	0,44
	То же, Д.9			
	То же, Д.7			
	То же, Д.5			
18-2	4Я2Дн2Кло2Лп; Д2; II; 0,8; 260 м ³		27,0	0,40
43-4	3Дн3Кло1Я3Лп; Д2; II; 0,4; 260 м ³	250	30,0	0,90
44-2	4Дн1Я2Кло3Лп; Д2; II; 0,4; 260 м ³	230	29,0	0,88

Примечание. Породы древесного полога: Дн – дуб нагорный высокоствольный, Яо – ясень обыкновенный, Кло – клен остролистный, Лп – липа мелколистная. Подрост представлен кленом остролистным, кленом полевым, липой мелколистной, ясенем обыкновенным; подлесок – лещиной средней густоты; живой напочвенный покров образуют сныть, крапива, копытень.

Данные таблицы 1 указывают на бесперспективность на этих участках дубравы восстановления насаждения с доминированием дуба черешчатого *естественным* путем из-за отсутствия жизнеспособного подроста дуба черешчатого, а кроме этого, многолетними исследованиями по смене пород в дубраве установлено, что участие дуба черешчатого в составе насаждения в каждой последующей генерации после проведенных рубок спелых насаждений снижается на 2-3 единицы [1, 12].

Именно исходя из названных причин на этих участках было проведено искусственное лесовосстановление по разработанной в ИЛАН методике, результаты этих мероприятий демонстрируют данные таблицы 2.

Таблица 2

Результаты системы интенсивного восстановления нагорных дубрав, разработанной в ТОЛ ИЛАН РАН, на площадях, вышедших из-под рубок спелых насаждений

Квартал-выдел, делянка.	Площадь, га	Состав насаждения	Возраст, лет	Средние данные	
				Высота, м	Диаметр, см
7-1, дел. 9	0,5	10Д	3,5	0,9	0,9
7-1, дел. 7	0,4		4,5	1,1	1,3
7-1, дел. 5	0,5		5,5	1,2	1,0
18-24	1,4		6,5	1,6	2,3
7-1, дел. 1	0,5		7,5	2,5	3,0
43-4	0,9		11,5	3,7	5,6
44-2	1,5		11,5	4,1	6,0

Примечание. Подрост представлен кленом остролистным, кленом полевым, липой мелколистной, ясенем обыкновенным; подлесок – лещиной средней густоты; живой напочвенный покров образуют сныть, крапива, копытень.

Сравнивая данные лесоводственных характеристик спелых и перестойных насаждений до их вырубок (табл. 1), после которых были созданы лесные культуры дуба (табл. 2), можно с достаточной уверенностью говорить о смене кленово-ясеневых насаждений в кварталах 7, 18 и насаждений с присутствием дуба в количестве 3 и 4 единиц по объемным показателям соответственно в кварталах 43 и 44 на чистые дубовые насаждения.

В основу предлагаемой системы интенсивного воспроизводства дуба заложена идея единого непрерывного цикла агротехнических и лесохозяйственных мероприятий, ограниченных 16 годами выращивания до смыкания крон деревьев дуба в ряду и междурядьях.

Таким образом, предлагается изменить всю систему воспроизводства дубовых древостоев.

Полный цикл воспроизводства дубовых древостоев включает 4 этапа – от сбора и хранения желудей до непрерывной последовательной работы по уходу за культурами. Первые три этапа (сбор и хранение посевного материала, подготовка лесокультурных площадей, подготовка и посев желудей на лесокультурных площадях) не содержат особенных инноваций, надо просто четко придерживаться проверенных временем рекомендаций при проведении этих работ. Все нюансы предварительных (перед посадкой) этапов подробно описаны в нашей опубликованной монографии "Деградация и воспроизводство дубрав лесостепи" [10].

Далее в кратком изложении приводим последний, наиболее ответственный и длительный этап системы, – непрерывный цикл ухода за культурами дуба

Система интенсивного ухода за лесными культурами дуба



Рис. 1. Посадка лесных культур дуба

1. Культуры дуба создаются посевом желудей на глубину 5-8 см по 3-5 штук в лунку с количеством посадочных мест 4 тыс. шт. на 1 га площади и схемой посева 0,7×3,5 м. В случае отсутствия желудей допускается использование стандартного посадочного материала дуба, выращенного в лесном питомнике.

2. Первый агротехнический уход проводится через две недели после посева желудей по краям плужных борозд с целью их очистки от поросли сопутствующих пород.

3. Сразу по окончании агроухода проводится сплошной уход в междурядьях.

4. В это же лето комплекс работ проводится еще дважды – в начале июля и в конце августа, состоящий из ручного агротех-

нического в рядах и механизированного уходов в междурядьях, с тем лишь отличием, что прополка производится на всю ширину распаханной борозды.

5. В последующие 3 года в течение вегетационного периода проводится по 3 агроухода в рядах и 3 механизированных ухода в междурядьях.

6. В следующие 4 года агротехнические ручные и мех. уходы проводятся дважды в сезон вегетации: конец мая и начало августа.

7. Начиная с 9-го года посадки в первые три года механизированный уход в междурядьях проводится один раз в сезон, в последующие годы – через год.

Наряду с уходами в междурядьях, производится оптимизация состава древостоя в рядах с уборкой сопутствующих пород, ослабленных и лишних экземпляров дуба.

Понятно, что в течение всего цикла ухода за культурами можно варьировать их составом в зависимости от целевых задач создания древостоев.

Таким образом, предлагаемый интенсивный метод воспроизводства дубовых лесов представляет собой непрерывный цикл агротехнических и лесохозяйственных мер ухода без разделения последних на осветления и прочистки до возраста смыкания дубового полога. При этом исключаются два вида рубок ухода – прореживание и проходные рубки, что значительно удешевляет весь цикл выращивания дубового древостоя. К 15-16 годам роста культур дуб полностью занимает все корневое и световое пространство территории посадки, формируются молодняки с 8-10 единицами дуба в составе, в которых никакие сопутствующие породы не могут с ним конкурировать. Одновременно оптимизируется состав и состояние дубового древостоя.

Смысловая нагрузка метода заключается в максимально благоприятных условиях развития сеянцев (саженцев) дуба до их смыкания в междурядьях за короткий промежуток времени (16 лет). Экономия средств достигается за счет менее дорогостоящих и часто проводимых механизированных уходов в междурядьях культур, что фактически исключает проведение рубок ухода в молодняках. Мы это видим на рисунках 2, 3 9- и 22-летних культур.



Рис. 2. 9-летние культуры дуба



Рис. 3. 22-летние культуры дуба

Экономический эффект от внедрения системы интенсивного воспроизводства дубовых лесов в зоне лесостепи

Стоимость производства уходов по двум методам создания культур дуба (традиционному и интенсивному) вполне сопоставима: при традиционном способе восстановления дуба на вырубках она составляет 237,7 тыс. руб., в предлагаемом нами варианте выращивания дубовых насаждений – 235,8 тыс. руб. (расчеты стоимости всего цикла работ произведены согласно РТК, разработанных УЛХ по Воронежской области на 2015 г.).

Но в первом случае при значительных по времени перерывах между рубками ухода, особенно в период осветлений и прочисток, мы получаем к возрасту естественной спелости древостой с минимальным по массе (2-3 единицы) участием преимущественно *порослевого* дуба в составе из-за заглушения посеянных или посаженных культур дуба его

спутниками. При интенсивных комплексных уходах за культурами, созданными методом посева или посадки, с уверенностью можно говорить о 8-10 единицах дуба *семенного* происхождения в составе спелого насаждения благодаря сплошным (на всю ширину междурядий) мех. уходам до момента смыкания крон.

По конечному результату получения деловой дубовой древесины в возрасте спелости экономический эффект в ценах 2015 года составлял более 1 млн рублей с одного гектара созданных культур дуба.

Нами проведен анализ стоимости заготовленных деловых (от фанкряжа до 3 сорта) сортиментов дуба (дуб порослевой, 2 генерация) на делянке площадью 0,9га. Выход деловой древесины составил 70 %, цены актуальные на 2020 г., стоимость 1 кубм обезличенной деловой древесины – 16309 рублей.

Таким образом, при выращивании дубовых насаждений интенсивным методом при общем запасе – 400 м³ на гектаре к возрасту спелости, где дуб будет присутствовать в количестве 8 единиц в формуле состава древостоя, с большой долей вероятности мы получим 224 м³ деловой древесины дуба ($400 \times 0.8 \times 0.7 = 224 \text{ м}^3$) на общую сумму 3653216 руб. в ценах ноября-декабря 2020 г.

Наш метод успешно применен в Теллермановском лесном массиве, а так же получил признание на федеральном уровне. Филиал Теллермановское опытное лесничество Института лесоведения РАН в 2020 г. стал победителем премии FSC России "Зеленый проект года 2020" в экологической номинации, на которую были поданы 33 заявки из всех регионов России, с проектом "Инновационный метод интенсивного восстановления дубрав лесостепи"

Выводы и предложения

1. Оставление лесосек, где дуб являлся коренной породой, под естественное зарастание приведёт к обездубливанию этих лесных площадей, особенно это касается дубравы нагорной высокоствольной.

2. В Правилах лесовосстановления следует конкретизировать методы и способы выращивания насаждений основных лесобразующих пород, в том числе дуба черешчатого, где период воспроизводства должен рассматриваться как единый непрерывный цикл агротехнических и лесохозяйственных мероприятий, ограниченный шестнадцатью годами выращивания (до смыкания крон деревьев дуба в ряду и междурядьях) без деления на осветления и прочистки. В процессе создания и выращивания лесных культур дуба отступить от требований приказа Минприроды от 29.12.21 № 1024 [6] в части количества и периодичности проводимых агротехнических и лесохозяйственных уходов за лесными культурами и молодняками.

3. Осуществлять перевод лесных культур дуба в покрытые лесом земли в возрасте шестнадцати лет – период смыкания культур не только в ряду, но и в междурядьях.

*Email для переписки: chebotareva@ilan.ras.ru

Литература

1. Первый лесовод России Исток : книга / под ред. А.И. Зверева ; Федеральное агентство лесного хозяйства, при участии ФБУ Российский музей леса. – М.: ООО «Альтаир», 2012. – 120 с.
2. Корнаковский, Г.А. О возобновлении дубовых насаждений в Теллермановской роще / Г.А. Корнаковский // Лесопом. Вестник. – Вып.43 ; ред. – изд. Н.С. Нестеров. – СПб. :1904. – С. 649-664.
3. Нейштадт, М.И. История лесов и палеогеография СССР в голоцене. Палеогеография / М.И. Нейштадт. – М. : Из-во АН СССР, 1957. – 404 с.
4. Хрипченко, М.С. Ресурсосбережение как основа эффективного восстановления дубрав / М.С. Хрипченко, Р.В. Юдин. – Развитие идей Г.Ф. Морозова при переходе к устойчивому лесопользованию : Материалы международ. Научно-техн. конференции 20–21 апреля 2017 года ; отв. ред. С.М. Матвеев. – Воронеж. : ВГЛУ, 2017. – 377 с. – ISBN 978-5-7994-0785-8.

5. Чеботарёв, П.А. Динамика трансформации дубовых древостоев лесостепи (по материалам лесоустройства Теллермановского опытного лесничества ИЛАН РАН) / П.А. Чеботарёв, В.В. Чеботарёва // Проблемы воспроизводства лесов Российской Федерации : Матер. межд. науч.-практич. конф. ВНИИЛМ. Пушкино, 2015. – С. 172–179.
6. Чеботарев, П.А. Порослевое возобновление дуба на сплошных вырубках дубравы снытьевой в зоне лесостепи (на примере древостоев Теллермановского опытного лесничества ИЛАН РАН) / П.А. Чеботарев, В.В. Чеботарева, В.Г. Стороженко // Научные ведомости Белгородского гос. университета., Белгород. 2016. – № 25 (246). – Вып. 37. – С. 14–20.
7. Енькова, Е.И. Теллермановский лес и его восстановление. Дубовые леса – Возобновление искусственное / Е.И. Енькова. – Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 1976. – 214 с.
8. Молчанов, А.А. Формирование и рост дуба на вырубках в лесостепи / А.А. Молчанов, В.А. Губарева. – М. : Наука, 1965. – 256 с.
9. Стороженко, В.Г. Деградация и воспроизводство дубрав лесостепи (результаты экспериментальных исследований) / В.Г. Стороженко, В.В. Чеботарева, П.А. Чеботарев. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2022. –133 с. – ISBN 978-5-907533-66-0.
10. Чеботарев, П.А. Формирование искусственных дубовых древостоев в регионах лесостепной зоны Европейской части России / П.А. Чеботарев, В.В. Чеботарева // Флора и растительность Центрального Черноземья : Материалы научной конференции; Курский государственный университет, 2014. – С. 174–179.
11. Дубравы СССР в 4-х т. Т. 2. Дубравы северной лесостепи и зоны смешанных лесов / М-во лесного хозяйства СССР, ВНИИЛХ ; под ред. канд. с.-х. наук К.Б. Лосяцкого. – М.-Л. : Гослесбумиздат, 1949. – 164 с.
12. План лесного хозяйства Теллермановского опытного лесничества в 2-х т.: Т. 2. Материалы лесоустройства; Рук. И.М. Науменко ; исп. М.М. Путилин. – Воронеж : Изд-во ВЛХИ, 1950. – 276 с.
13. Стороженко, В.Г. Состояние древесных пород и воспроизводство дубовых древостоев в зоне лесостепи / В.Г. Стороженко, В.В. Чеботарева, П.А. Чеботарев. – DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2018.3.07 //Лесоведение и лесоводство. – Электронный ресурс. – Лесхоз. информ. : электрон. сетевой журн. – 2018. – № 3. – С. 51-63. – URL: <http://lhi.vniilm.ru/> (дата обращения: 01.04.2024).
14. Ширнин, В.К. Лесовосстановление дуба черешчатого сеянцами с закрытой корневой системой / В.К. Ширнин, В.А. Кострикин, Л.В. Ширнина, С.А. Крюкова. // Изв. высш. учеб. заведений. Лесной журнал. – 2017. – № 2. – С. 32-41. – DOI 10.17238/issn0536-1036.2017.2.32.
15. Об утверждении правил лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесовосстановления : Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации (Минприроды России) от 29 декабря 2021 г. № 1024., М. : зарегистрирован в Минюсте РФ 11 февраля 2022 г. Регистрационный N 67240 // Юридическая информационная система «Легалакт – законы, кодексы и нормативно-правовые акты РФ». – ООО «Инфра-Бит». – М. – электронная почта info@legalacts.ru.

DOI 10.21178/160524.374

УДК 630:575

Использование генетических методов в практике лесного хозяйства Красноярского края

© Е.А. Шилкина*, А.А. Ибе

*Филиал ФБУ «Российский центр защиты леса» – «Центр защиты леса Красноярского края»,
Академгородок, 50А, корп. 2, Красноярск, 660036, Россия*

В материалах представлены направления работ Центра защиты леса Красноярского края в области лесной генетики. Авторы приводят примеры практического использования молекулярно-генетических методов в лесном хозяйстве. В работе рассмотрены методы популяционно-генетического анализа основных лесообразующих пород Сибири. Показаны результаты работ по контролю оборота репродуктивного материала хвойных пород деревьев. С помощью ДНК-анализа выявлены 16 родов фитопатогенов семян хвойных в 27 лесных питомниках. Также генетические методы использовались для инвентаризации объектов лесного семеноводства. Кроме этого проводились работы в области энтомологии по определению расы насекомых и болезней вредителей.

The materials present the areas of work of the Forest Protection Center of the Krasnoyarsk region in the field of forest genetics. The authors give examples of practical use molecular genetic methods in forestry. The paper considers methods of population-genetic analysis of the main forest-forming rocks of Siberia. The results of work on the control of the turnover of reproductive material of coniferous trees are shown. DNA analysis revealed 16 genera of phytopathogens of coniferous seedlings in 27 forest nurseries. Genetic methods were also used for the inventory of forest seed production facilities. In addition, work was carried out in the field of entomology to determine the race of insects and pest diseases.

В последнее время наблюдается активное внедрение методов молекулярно-генетического анализа в большинство сфер хозяйственной деятельности человека. Эти методы успешно применяют для идентификации продукции ГМО (генно-модифицированный организм), возбудителей заболеваний, паспортизации сортов и пород в селекции, в практике судебно-медицинской экспертизы и т. д. С резким увеличением количества информации о строении и функциях геномов древесных видов, в том числе хвойных, стало возможным применять молекулярно-генетические методы и для решения задач лесного хозяйства.

Снижение генетического разнообразия лесов является серьезной проблемой, обусловленной многими причинами (пожары, болезни, экологические факторы, сплошные рубки, индивидуальный отбор в селекции и др.). Кроме того, изучение генофонда лесных пород и организация мониторинга состояния лесных генетических ресурсов необходимы для выполнения Российской Федерацией целого ряда международных соглашений, таких как Конвенция о биологическом разнообразии, Требования Всемирной торговой организации, Нагойский протокол и др.

Мониторинг генетической структуры насаждений – масштабная задача, для выполнения которой нами производится массовый отбор образцов с территорий

Красноярского края, Республик Хакасия и Тыва, Кемеровской и Томской областей, с плотностью не менее 1 точки отбора в квадрате 100×100 км. В качестве объектов исследования выступают образцы деревьев 4 основных лесообразующих пород (сосна, ель, лиственница, кедр). За период с 2018–2023 гг. уже отобрано порядка 2322 образцов для генетического анализа из 73 точек.

Для получения разносторонней информации образцы анализируются несколькими методами. Исследуется ДНК как ядра, так и органелл – митохондрий и хлоропластов. ДНК органелл может служить маркером географического происхождения растений. Гетерозиготность, определяемая по ядерной ДНК, является популяционной характеристикой и позволяет судить о жизнеспособности древостоев. В настоящий момент уровень гетерозиготности определен по 2750 образцам. Также проводится анализ отобранных локусов митохондриального генома, выявляются полиморфные фрагменты.

Конечным итогом работ выступает компьютерная база, содержащая характеристику географического положения (широта, долгота, привязка к административным центрам) каждого изученного образца, данные о генотипе растения в зависимости от места произрастания с указанием уровня гетерозиготности (в %). В базе содержится информация об анализируемом участке ДНК (локус), молекулярном весе ампликона. С помощью компьютерной базы становится возможным осуществление целого ряда практических задач, таких как оценка генетического разнообразия лесных насаждений, мониторинг состояния лесных генетических ресурсов, сертификация лесных семян и посадочного материала по месту происхождения, контроль оборота репродуктивного материала при воспроизводстве лесов и круглых лесоматериалов, проверка соблюдения правил лесосеменного районирования.

К числу других актуальных направлений лесной генетики относится генетическая паспортизация лесосеменных объектов, позволяющая осуществлять контроль за принадлежностью лесных семян определенной лесосеменной плантации, и исключить тем самым возможность использования в воспроизводстве лесов генетического материала сомнительного происхождения. Существующие традиционные методы не позволяют сопоставить фактическое размещение рамет клонов на лесосеменной плантации изначальной схеме их смешения. Отсутствуют способы контроля мест заготовки лесосеменного сырья, в связи с чем допускается возможность смешения семян, заготовленных на лесосеменных плантациях с семенами, заготовленными в насаждениях низкого качества. В результате не представляется возможным определить генетическую ценность созданных лесосеменных плантаций, а также обеспечить генетический контроль за репродуктивным материалом, используемым в лесовосстановлении. Метод ДНК является хорошим инструментом для решения этих задач.

За 2018–2023 гг. проведены работы по составлению генетических паспортов 30 плюсовых деревьев сосны кедровой сибирской, числящихся в Государственном реестре. Уточнены схемы размещения клонов на 2 архивах клонов, созданных на территориях лесничеств Красноярского края и Республики Хакасия. Разработана компьютерная программа с базой данных для обработки результатов анализов, позволяющая проводить генетическую идентификацию клонов, находить несоответствия в схемах смешения, давать рекомендации по дополнению и реорганизации обследованных лесосеменных объектов.

В настоящее время одной из важных задач лесного хозяйства Российской Федерации является контроль за оборотом репродуктивного материала (семян, сеянцев, саженцев) лесных растений при воспроизводстве лесов. С 2018 по 2023 генетической лабораторией филиала ФБУ «Рослесозащита» - «Центр защиты леса Красноярского края» было проанализировано 50 партии семян и сеянцев (саженцев) основных лесообразующих пород на территориях Красноярского края и Республики Хакасия. Нарушений правил оборота репродуктивного материала выявлено не было. Генетическое сходство между обследованными семенами и сеянцами сеянцев (саженцев) основных лесообразующих

пород составило в среднем 98 %. Проведение данной работ актуально для сферы лесовосстановления (лесного семеноводства) в связи с необходимостью проведения сертификации репродуктивного материала по месту происхождения. На данный момент не существует более надёжного и точного метода по подтверждению происхождения древесины и репродуктивного материала, кроме как генетический анализ.

Наиболее современными и перспективными способами диагностики и идентификации различных видов фитопатогенов являются методы, основанные на использовании технологии ДНК-анализа. В области фитопатологии преимуществом ДНК-маркеров перед остальными группами методов являются: ранняя диагностика болезней, точность определения и быстрота выполнения анализов. Особая актуальность применения генетических маркеров связана с возможностью непосредственной оценки зараженности выращиваемого материала, анализа эффективности проведения профилактических и защитных мероприятий, выявления потенциальных источников инфекции (почвы, воды, насекомых и др.) [1]. За 2018–2023 гг. получена информация о видовом составе основных и сопутствующих возбудителей болезней сеянцев в 27 питомниках Красноярского края, Республики Хакасия, Кемеровской и Томской областей общей площадью около 434,9 га. Определена частота встречаемости основных заболеваний сеянцев в питомниках, динамика приуроченности патогенов к определенным возрастным группам сеянцев.

По данным молекулярно-генетической диагностики, в обследованных лесных питомниках обнаружены представители 16 родов патогенных и условно-патогенных грибов, вызывающих болезни посадочного материала: *Alternaria*, *Botrytis*, *Herpotrichia*, *Cladosporium*, *Lophodermium*, *Coleosporium*, *Phoma*, *Darkera*, *Aspergillus*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia*, *Gremmenia*, *Fusarium*, *Sclerophoma*, *Cenangium*, *Epicoccum*.

ДНК-анализ также позволяет быстро и точно установить вид насекомого на любой стадии его развития от яйца до имаго, эффективен в случае сложной фенотипической дифференциации. В настоящий момент хорошо отработана методика определения расы непарного шелкопряда – опасного вредителя леса, по анализу митохондриального гена, отвечающего за синтез фермента цитохром-С-оксидазы, что имеет большое практическое значение, учитывая, что азиатская раса непарного шелкопряда является карантинной. Есть возможность определять и болезни самих насекомых на предмет прогноза самозатухания очага. Так, в 2022 г. в погибших гусеницах сибирского шелкопряда выделен и идентифицирован с достоверностью 99,6 % микроскопический энтомопатогенный гриб вида кордицепс военный (*Cordyceps militaris* (L.) Link).

Таким образом, молекулярно-генетические методы открывают широкие перспективы в проведении лесохозяйственных и лесовосстановительных работ, позволяют осуществлять эту деятельность на высоком современном уровне и могут стать одним из инструментов обеспечения качественного мониторинга лесов Красноярского края, Республики Хакасия, Томской и Кемеровской областей, их надежной охраны и устойчивого использования.

*E-mail автора для переписки: shilkinaea@rcfh.rosleshoz.gov.ru

Литература

1. Баранов, О.Ю. Инновационные технологии в диагностике инфекционных заболеваний лесных древесных видов / О.Ю. Баранов, С.В. Пантелеев // «Перспективы развития агропромышленного и лесного производства Союзного государства России и Белоруссии» : Материалы международной научно-практической конференции 26 сентября 2019 года, г. Нижний Новгород: ФГБОУ ВПО НГСХА, 2019. – С. 83-86.

DOI 10.21178/160524.377

УДК 630*385

Выращивание сосновых древостоев на осушенных болотах

© С.Г. Шурыгин *, М.С. Шурыгина

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова,
Институтский переулок, 5, Санкт-Петербург, 194021, Россия*

В работе исследованы результаты осушения болот в 19 и 20 веках на Северо-Западе России. Изучено увеличение запаса древесины и снижение грунтовых вод после осушения. Исследованы запасы древесины на осушенных торфяниках в зависимости от глубины торфа и богатства торфа. Установлено, что после осушения низинных болот, при средней глубине грунтовых вод 15 см, сосновые древостои могут расти по II классу бонитета. На бедных болотах, при мощности торфа до 20 см, древостои могут расти по I классу бонитета, получая элементы пищи из подстилающих богатых минеральных грунтов.

The paper examines the results of drainage of swamps in the 19th and 20th centuries in the North-West of Russia. An increase in the supply of wood and a decrease in groundwater after drainage have been studied. The reserves of wood on drained peatlands have been studied depending on the depth of peat and the richness of peat. It has been established that after drainage of lowland swamps, with an average depth of groundwater of 15 cm, pine stands can grow according to the II class of bonit. In poor swamps, with a peat thickness of up to 20 cm, stands can grow according to the I class of bonit, receiving food elements from the underlying rich mineral soils.

Осушение земель вызывает повышение класса бонитета почв, что в свою очередь увеличивает запас древостоев. При длительной эксплуатации осушительной сети происходит естественное уменьшение рабочей глубины каналов, что приводит к ухудшению работы сети и как следствию – снижению прироста древостоев. Очень важно исследовать опыт осушения, проведенного в позапрошлом веке, с целью изучения состояния осушительных систем и древостоев на староосушенных землях. Для этого на территории Лисинского учебно-опытного лесхоза Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета были выбраны осушенные Рамболовское, Кауштинское, Хейновское и Туровское болота.

При осушении торфяников необходимо тщательно подбирать объекты под выращивание леса с учетом зольности торфа, его глубины, видов подстилающих грунтов и интенсивности осушения, чтобы получить максимально возможную эффективность осушения в данных условиях (максимальный запас древесины).

Изучение роста древостоев на осушенных верховых и переходных торфяниках проводилось на постоянных пробных площадях, заложенных в Лисинском участковом лесничестве на следующих болотах: Суланда, Хейновское, Туровское, Машинское, Кауштинское, Рамболовское и Кузнецовское [2].

Рамболовское болото с верховым торфом и мощностью 3-4 м, Кауштинское болото с верховым и переходным торфом мощностью до 3 м были осушены в середине XIX века. Хейновское болото с переходным и низинным торфом мощностью 1,3-1,5 м, осушили в

40 годах XIX века, Туровское болото с верховым и переходным торфом мощностью 0,4-0,6 м было осушено в 1973 г.

На Рамболовском и Кауштинском болотах было заложено по две пробные площади (ПП), ПП-20 со средневозрастным сосновым древостоем и ПП-21 с перестойным сосняком находятся на верховых участках Рамболовского болота, ПП-15 заложена в средневозрастном сосняке на верховом участке Кауштинского болота, а ПП-16 находится в сосново-еловом перестойном древостое на торфянисто-глеевой почве. На Туровском болоте выбрана одна пробная площадь, ПП-5 находится на переходном участке болота, где произрастает приспевающий сосново-березовый древостой [2]. На Хейновском болоте было устроено три пробные площади, ПП-6 и ПП-19 расположены в перестойных сосновых древостоях естественного происхождения, а ПП-26 – на сплошной вырубке 1992 года (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика пробных площадей и глубина грунтовых вод

№ ПП	Ярус	Состав древостоя	Высота, м	Полнота	Запас, м ³ /га	Класс бонитета	Глубина грунтовых вод, см		Глубина торфа, м
							15 мая	V-IX	
РАМБОЛОВСКОЕ БОЛОТО									
20	1	10С ₆₀	4,6	0,59	41	Va	-	9	4,4
21	1	10С ₁₃₀ едБ ₁₀₀	16,3	0,9	175	V	-	16	0,7
КАУШТИНСКОЕ БОЛОТО									
15	1	10С ₅₀	3,9	0,27	16	Va	-	10	2,7
16	1	5С ₁₄₀ 5Е ₁₂₀ едЕ ₉₀	29,7	0,81	453	I	-	45	0,2
ТУРОВСКОЕ БОЛОТО									
5	1	10С ₁₁₀	21,4	0,81	292	I-Ia	42	47	0,4
	2	10Б ₆₀	13	0,1	13				
ХЕЙНОВСКОЕ БОЛОТО									
6	1	6С ₁₃₅ 3Е ₁₂₅ 1Б ₁₂₀ едЕ ₄₀	26,7	1,2	540	II	10	14	1,3
19	1	10С ₁₄₀	24,6	0,6	290	III	11	14	1,4
	2	7Е ₁₃₀ 3Б ₁₂₀	17	0,3	120				
26		Вырубка	-	-	-	III	11	9	0,9

Рамболовское болото осушали несколько раз, однако к настоящему времени сохранились и работают только наиболее глубокие каналы (глубиной более 1 м), которые были созданы при первом осушении. Осушительная сеть на Кауштинском болоте сохранилась до наших дней. Однако в ходе исследований было отмечено, что часть небольших каналов заросла мхом, удовлетворительно работают каналы глубиной более 1 м.

На осушенном более 150 лет назад Хейновском болоте глубина осушителей (каналов в 2 аршина шириной или 1,42 м) в настоящее время составляет 0,9-1,7 м, рабочая глубина этих каналов изменяется от 0,6 до 1,2 м. Несмотря на то, что уходов за каналами вообще не проводилось и не было реконструкции осушительной сети каналы работают удовлетворительно. Это можно объяснить тем, что при осушении каналы утаивались глубокими и с большими коэффициентами откоса (в настоящее время ширина по дну и по верху в среднем составляет 1,9 и 4,3 м соответственно).

После осушения открытые пространства этих болот заросли сосновыми и сосново-березовыми древостоями. Класс бонитета существующих древостоев повысился с V-IV до II-I. Увеличение прироста наблюдается как у молодых, так и приспевающих древостоев.

На некоторых участках запас, выросшего после осушения древостоя, сравнялся с запасом, существовавшего еще до осушения соснового древостоя.

Многолетние исследования состояния осушительных систем на осушенном Туровском болоте показали, что при регулярных уходах за осушительными каналами глубина их снизилась только на 0,3 м и в настоящее время составляет 0,6-0,8 м, рабочая глубина каналов изменяется от 0,6 до 0,7 м [8]. Общее состояние осушительной сети оценивается как хорошее.

Наблюдения за грунтовыми водами проводили в течение нескольких периодов вегетации. Средняя вегетационная глубина грунтовых вод на ПП-5 (Туровское болото) составила 47 см, на Хейновском болоте ПП 6 и 19 – 14 см, а на вырубке грунтовые воды находились на глубине 9 см (табл. 1). В начале вегетационного периода (15 мая) на ПП-5 верхний 40 см слой был уже освобожден от грунтовой воды, на ПП 6 и 19 глубина грунтовых вод была равна 10 и 11 см соответственно, а на вырубке – 11 см. Следовательно, необходимая норма осушения в 40-50 см обеспечена только на ПП-5, а на ПП-6 и 19 норма осушения не достигнута, здесь древостои растут по II-III классу бонитета с запасами 400-500 м³/га. Объясняется это тем, что на ПП 6 и 19 наблюдается вторичное заболачивание, древостои уже перестойные и им для существования требуется меньше питательных веществ, чем приспевающим древостоям на ПП-5, поэтому древостои на ПП 6 и 19 получают необходимые для роста вещества из верхнего 15 см слоя почвы.

В начале вегетационного периода уровни грунтовых вод на вырубке и соседней с ней пробной площадью 19 находятся почти на одной глубине, однако средневегетационная глубина грунтовых вод на пробной площади была на 5 см больше. Следовательно, за счет транспирации и задержания осадков на кронах деревьев перестойные сосновые древостои понижают уровень грунтовых вод в сырые годы обычно не более чем на 5 см.

На пробных площадях 20 и 21 Рамболовского и ПП-15 Кауштинского болот осушительные каналы заросли и плохо работают, грунтовые воды не опускаются ниже 20 см. Древостои в этих условиях растут по V-Va классу бонитета. На окраинах этих болот встречаются древостои с запасами более 400 м³/га. Например, на ПП-16 сосново-еловый древостой растет по I классу бонитета.

Изучение роста леса на «Малиновском» стационаре, расположенном на осушенном в 1973 году Туровском болоте, показало, что за 50 лет после осушения дополнительный прирост древесины составил более 300 м³/га на переходном участке болота и более 200 м³/га на верховом. На безлесных участках вырос сосновый древостой и в настоящее время растет по II-III классу бонитета. Около каналов за счет большей осадки торфа и лучшего водно-воздушного режима бонитет достигает I класса. На стационаре, кроме изучения роста леса до и после осушения, проводились круглогодичные водно-балансовые исследования: измеряли жидкие и твердые осадки, сток, динамику уровней грунтовых вод, изменение влажности почвы и рассчитывали по уравнению водного баланса испарение [4, 5, 7]. Изучался и водный режим почв, а также его изменение после осушения и пожаров [6].

Исследования показывают, что на переходных торфяниках с зольностью торфа от 4 до 7 % возможно выращивать сосновые древостои I - II классов бонитета с запасами 350-450 м³/га [1, 2]. Осушение верховых маломощных торфяников с зольностью торфа 3-4 % тоже может быть достаточно эффективным. После грамотного осушения таких болот на них можно выращивать сосновые древостои II - III класса бонитета с запасами 250-300 м³/га [3] и выше. При осадке торфа более 15-20 см и малой его глубине (до 0,5-0,6 м) на осушенных участках, корни деревьев проникают в подстилающие торф минеральные горизонты почвы, и получают дополнительные элементы питания из них [8]. В таких условиях бонитет древостоев может достигать, как правило, I-II класса.

Исследования показали, что при строительстве глубоких (глубиной более 1 м) осушительных каналов осушительная система может работать десятки лет без уходов и ремонтов.

После осушения богатых низинных болот, даже при средней вегетационной глубине грунтовых вод около 15 см, сосновые древостои могут расти по II-III классу бонитета.

На окраинах бедных верховых болот, при мощности торфа около 20 см, древостои могут расти и по I классу бонитета, получая необходимые элементы пищи из подстиляющих богатых минеральных грунтов.

Перестойные сосновые древостои II-III класса бонитета за счет суммарного испарения понижают грунтовые воды на торфяниках в сырые годы в среднем за период вегетации только на 5 см.

*E-mail автора для переписки: *serges3000@yandex.ru*

Литература

1. Алексеев, А.С. Влияние лесосушения на прирост древостоев / А.С. Алексеев, Б.В. Бабилов, В.А. Соловьев, С.Г. Шурыгин // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – СПб. : СПбГЛТА, 2007. – Вып. 179. – С. 4–14.

2. Бабилов, Б.В. Почвенно-гидрологические исследования в Лисинском учебно-опытном лесхозе : монография / Б.В. Бабилов, С.Г. Шурыгин. – СПб. : СПбГЛТА, 2006. – 60 с. – ISBN 5-9239-055-6.

3. Бабилов, Б.В. Рост сосновых древостоев на осушенных землях Ленинградской области / Б.В. Бабилов, С.Г. Шурыгин, Л.С. Богданова // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – СПб. : СПбГЛТА, 2019. – Вып. 227. – С. 34–44.

4. Шурыгин, С.Г. Водный баланс осушенных болот и минеральных земель / С.Г. Шурыгин // Повышение эффективности использования и воспроизводства природных ресурсов. Материалы научно-практической конференции, 24-25 ноября 2016 г., Великий Новгород; Редкол. : М.В. Никонов, Э.А. Авдеев. – Великий Новгород. : Новгородский гос. ун-т им. Ярослава Мудрого, 2016. – С. 147–149. – ISBN 978-5-89896-603-4.

5. Шурыгин, С.Г. Динамика стока малых рек / С.Г. Шурыгин // Актуальные проблемы лесного комплекса. Сборник научных трудов. Под общей редакцией Е.А. Памфилова. – Брянск : БГИТУ 2017. – Вып. 48. – С. 23–26.

6. Шурыгин, С.Г. Влияние пожаров на водный режим осушенных минеральных почв рек / С.Г. Шурыгин // Актуальные проблемы лесного комплекса : Сборник научных трудов. Под общей редакцией Е.А. Памфилова. – Брянск : БГИТУ, 2019. – Вып. 54. – С. 79–83.

7. Шурыгин, С.Г. Водный баланс осушенных земель / С.Г. Шурыгин, Г.Д. Денисенко, М.С. Шурыгина // Актуальные проблемы лесного комплекса : Сборник научных трудов. Под общей редакцией Е.А. Памфилова. – Брянск : БГИТУ, 2022. – Вып. 61. – С. 142–146.

8. Шурыгин, С.Г. Выращивание высокопродуктивных древостоев на торфяниках / С.Г. Шурыгин, М.С. Шурыгина // Актуальные проблемы лесного комплекса : Сборник научных трудов. Под общей редакцией Е.А. Памфилова. – Брянск : БГИТУ, 2022. – Вып. 62. – С. 102–105.

DOI 10.21178/160524.381

УДК 630*17:582.475+630*232(470.51)

Оценка естественного возобновления ели на сплошных вырубках лесов в Ярском лесничестве Удмуртской Республики

© М.В. Якимов*, В.Ю. Якимова, А.А. Носков

Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 11, г. Ижевск, 426069, Россия

В данной работе представлены данные по естественному возобновлению ели на сплошных вырубках Ярского лесничества Удмуртской Республики. Изучен подрост ели по высотной и возрастной структуре. Дано количественное описание елового подроста до проведения сплошной рубки и после проведения рубки. Подрост изучался в зависимости от типов леса. Изучен состав возобновляющихся пород на изучаемых площадях. На вырубках преобладает благонадёжный подрост ели средней высоты. Для лучшего возобновления необходимо проводить рубки в зимний период и проводить рубки ухода с удалением нежелательных пород.

This paper presents data on the natural regeneration of spruce in the continuous cuttings of the Yarsky forestry of the Udmurt Republic. The spruce undergrowth was studied by height and age structure. A quantitative description of the spruce undergrowth before and after continuous logging is given. The undergrowth was studied depending on the types of forest. The composition of renewable rocks in the studied areas has been studied. Reliable spruce undergrowth of medium height prevails in the cuttings. For better renewal, it is necessary to carry out logging in winter and carry out maintenance logging with the removal of unwanted rocks.

Постановка проблемы: Ресурсный потенциал лесов Удмуртии ещё богат [1], но существуют множество проблем, влияющих на экологию [2-4]. Насекомые вредители так же наносят ущерб лесам [5-7]. Поэтому необходимо восстанавливать леса после проведения рубок. Восстановление лесов после сплошных рубок является одним из главных факторов определяющих эффективность лесопользования на конкретной территории.

Целью исследования является оценка естественного возобновления ели на сплошных вырубках лесов и разработка на основе полученных данных рекомендаций по его улучшению в Ярском лесничестве Удмуртской Республики.

Задачи:

1. Изучить природно-экологические условия исследуемой территории, проанализировать состояние лесного фонда.
2. Провести рекогносцировочное обследование сплошных вырубок с наличием жизнеспособного подроста с целью последующей закладки пробных площадей.
3. Оценить качественное состояние и высотную структуру подроста на пробных площадях, проанализировать возрастную структуру, определить состав возобновления.
4. Оценить успешность естественного возобновления на вырубках и разработать рекомендации производству по его улучшению.

Методы проведения эксперимента. Для оценки естественного возобновления были заложены пробные площади на сплошных вырубках 2012–2016 гг.

Сплошная рубка была проведена в зимний период по узкопосечной (удмуртской) технологии. Рубка была проведена в снытьевом (Д₂) и кисличном (С₂) типах леса. При

валке деревьев, обрезке сучьев, раскряжевке применялась бензопила «Штиль». Трелевка хлыстов осуществлялась трактором ТДТ-55 за вершину. При очистке лесосек порубочные остатки укладывали в кучи и на волока, с целью их укрепления. Сбор, поднос и укладка хвороста в кучи проводились вручную. Характеристика пробных площадей представлена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика пробных площадей до рубки

№ ПП	Площадь выдела, га	Состав до рубки	Тип леса	Полнота	Бонитет	Состав возобновления	Кол-во подроста, шт./га
1	5,4	5Е1П1Б2Лп1Ос	Е _{сн}	0,7	2	6Б4Е+П	3040
2	3,1	4Е1П2Б2Лп1Ос	Е _{сн}	0,7	2	8Б2Е+Ос	3150
3	2,8	5Е2Лп2Ос1Б	Е _{кс}	0,6	2	5Б5Лп+Ос	3200
4	13,8	7Е3П+Лп+Б	Е _{сн}	0,6	1	10Е+Лп	3050
5	5,4	5Е1П1Б2Лп1Ос	Е _н	0,7	2	8Е2П	3000
6	7,5	4Е2П3Б1Ос	Е _{кс}	0,6	2	5Б3Е2П	3000

Описание результатов. После проведения сплошной рубки в снытьевом типе леса сформировался вейниковый тип вырубки. В ельнике кисличном образовался вейниково – крупнотравный тип вырубки. На всех пробных площадях до рубки под пологом материнского древостоя количество подроста превышало 2,5 тыс. шт./га (табл. 2).

Таблица 2

Количество подроста на пробных площадях до рубки и после нее

Пробная площадь	Количество подроста (в пересчете на крупный), шт./га			
	До рубки	После рубки	Сохранность хвойного подроста, %	По данным натурного перечеа (2023 г.)
ПП № 1	3040	1825	60,0	1552
ПП № 2	3150	2350	74,6	2182
ПП № 3	3200	2190	68,4	1845
ПП № 4	3050	2072	67,9	1622
ПП № 5	3000	2100	70,0	2032
ПП № 6	3000	2060	68,7	1114

После проведения сплошной рубки количество подроста существенно сократилось. Связано это с тем, что на вырубке резко изменяется и ухудшается водный режим почвы, температура воздуха, живой напочвенный покров и другие условия для появления всходов и формирования молодняка. Сохранность подроста ели после рубки на всех пробных площадях составила 68-75 %, за исключением ПП 1, где сохранность подроста составила 60 %. Следует отметить, что на всех пробных площадях по высоте преобладает средний подрост. На его долю приходится от 37,7 % до 44,6 % от всего количества подроста. Доля мелкого подроста составляет от 26,1 % до 40,4 %. Доля крупного меньше и составляет от 15,1 % на ПП 6 до 31,9 % на ПП 3. Незначительная доля крупного подроста в первую очередь связана с низкой сохранностью подроста предварительной генерации после рубки.

Важнейшим признаком, обуславливающим состояние и характер лесовозобновительного процесса, является жизнеспособность подроста. На всех пробных площадях численно преобладает благонадежный подрост. На его долю приходится от 52,8 % до 65,6 % от общего количества учтенных экземпляров. Исключение составляет пробная площадь № 2, где на долю благонадежного подроста приходится только 41,9 %. В этих условиях выявлено значительное преобладание сомнительного подроста (39,5 % от общего

количества). Для него были характерны слом вершины, обдир коры, ошмыг кроны. Все эти повреждения были получены подростом в процессе проведения рубки. В настоящее время потенциальные возможности подростка в будущем определить сложно. На всех пробных площадях максимальное количество подростка представлено в возрастной структуре от 3 до 5 лет. Это свидетельствует о том, что значительная часть подростка появилась после проведения сплошной рубки и относится к категории последующего возобновления. На всех изучаемых объектах на долю подростка последующей генерации приходится более 68 % от общего числа растений, участвующих в возобновлении. Исключение составляет ПП 4, где была отмечена самая низкая сохранность подростка после рубки.

На основе полученных данных проведена оценка успешности возобновления ели (табл. 3).

Таблица 3

Оценка успешности возобновления ели в Ярском лесничестве

№ ПП	ТЛУ	Количество здорового подростка в пересчете на крупный, шт./га				Оценка успешности естественного возобновления
		до 0,5 м	0,51–1,5 м	более 1,51 м	Итого	
1	D ₂	366	720	466	1552	Возобновление удовлетворительное, проведения лесокультурных мероприятий не требуется
2	D ₂	450	932	800	2182	
3	C ₂	300	772	733	1845	
4	D ₂	350	772	500	1622	
5	D ₂	383	664	433	2032	
6	C ₂	316	532	266	1114	Возобновление недостаточное, требуется создание частичных культур

На всех пробных площадях естественное возобновление удовлетворительное, проведение лесокультурных мероприятий не требуется. Исключением является пробная площадь № 6, где возобновление недостаточное, требуется создание частичных культур и проведение мер содействия возобновлению.

Выводы и предложения. Общее количество подростка на пробных площадях изменяется от 1565 шт./га до 2866 шт./га. На всех пробных площадях преобладает благонадежный подрост, на долю которого приходится от 52,8 до 65,6 % от общего количества экземпляров. На всех пробных площадях по высоте преобладает средний подрост. По возрастной структуре на всех пробных площадях максимальное количество подростка представлено в возрасте от 3 до 5 лет. На вырубках возобновление ели представлено генерацией предварительного и последующего возобновления. В целом, естественное возобновление ели на сплошных вырубках протекает удовлетворительно. С целью повышения эффективности лесовосстановления на вырубках рекомендуется проведение своевременной очистки мест рубок от порубочных остатков, уплотнение почвы вокруг корневых систем подростка после рубки, проведение рубок ухода, предусматривающих удаление нежелательных мелколиственных пород.

*E-mail автора для переписки: mikhailyackimov@yandex.ru

Литература

1. Перминова, А.Е. Ресурсный потенциал лесного комплекса Удмуртской Республики / А.Е. Перминова, М.В. Якимов, В.Ю. Якимова // Биоразнообразие, состояние и динамика природных и антропогенных экосистем России : сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 15 декабря 2023 года. – Комсомольск-на-Амуре : Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет, 2023. – С. 277-281.

2. Якимов, М.В. Природные парки Удмуртской Республики как часть техносферы / М.В. Якимов, В.Ю. Якимова, Н.А. Бусоргина // От импортозамещения к инновационному агропромышленному комплексу и устойчивому сельскому хозяйству России : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 80-летию Удмуртского ГАУ, Ижевск, 14–15 декабря 2023 года. – Ижевск : Удмуртский государственный аграрный университет, 2023. – С. 166-170. – EDN CQBFWP.

3. Якимов, М.В. Влияние проблем российских лесов на экологическую безопасность техносферы / М.В. Якимов, В.Ю. Якимова, Н.А. Бусоргина // От импортозамещения к инновационному агропромышленному комплексу и устойчивому сельскому хозяйству России : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 80-летию Удмуртского ГАУ, Ижевск, 14–15 декабря 2023 года. – Ижевск : Удмуртский государственный аграрный университет, 2023. – С. 163-166.

4. Якимов, М.В. экологические проблемы в Удмуртской Республике / М.В. Якимов, Д.Д. Вабищевич // Социально-экономическое развитие региона: опыт, проблемы, инновации : Сборник научных статей по материалам докладов и сообщений X Международной научно-практической конференции, Смоленск, 08 июня 2023 года. – Смоленск : Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 2023. – С. 174-178. – EDN ABFCSA.

5. Якимов, М.В. Насекомые-вредители лесных насаждений Удмуртской Республики / М.В. Якимов, В.Ю. Якимова // Наука и молодежь: новые идеи и решения в АПК : Материалы Национальной научно-практической конференции молодых ученых с международным участием, посвященной Десятилетию науки и технологий и 80-летию Удмуртского ГАУ, Ижевск, 28 ноября – 01 декабря 2023 года. – Ижевск : Удмуртский государственный аграрный университет, 2023. – С. 155-159.

6. Куншин, А.Ю. Анализ усыхания пихтовых насаждений в Удмуртской Республике / А.Ю. Куншин, М.В. Якимов, В.Ю. Якимова // Биоразнообразие, состояние и динамика природных и антропогенных экосистем России : сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 15 декабря 2023 года. – Комсомольск-на-Амуре : Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет, 2023. – С. 238-242. – EDN WPOPLM.

7. Якимов, М.В. Влияние вредных организмов на цветение липы мелколистной / М.В. Якимов, Н.А. Бусоргина // Научные разработки и инновации в решении стратегических задач агропромышленного комплекса : Материалы Международной научно-практической конференции. В 2-х томах, Ижевск, 15–18 февраля 2022 года. Том II. – Ижевск : Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2022. – С. 40-44. – EDN IIGFGH.