

Вестник Московского государственного университета леса

ЛЕСНОЙ ВЕСТНИК

2007 № 8 (57)

ISSN 1727-3749



В ЧЮМЕРЕ

- *Лесовозобновление в пригородных лесах Среднего Урала*
- *Оптимизация рубок ухода в сосняках Среднего Урала*
- *Санитарное состояние насаждений на улицах Екатеринбурга*
- *Экономическое обоснование применения сортиментовоза повышенной проходимости в зимних условиях*
- *Ресурсосберегающая переработка недревесного растительного сырья*
- *Численное моделирование рабочих процессов центробежных насосов*
- *Объемная твердость как фактор регулирования процессов обработки древесины*

Издательство Московского государственного университета леса

СОДЕРЖАНИЕ

Лесное хозяйство

Аткина Л.И., Вишнякова С.В.	<i>Влияние выбросов автотранспорта на анатомические особенности хвои ели обыкновенной в условиях Екатеринбурга</i>	4
Дубинин А.Е., Мумбер А.Г., Григорьев В. В., Платонов Е.Ю., Ольховка И.Э.	<i>Хронология лесных пожаров в Ильменском заповеднике</i>	7
Залесов С.В., Луганский В.Н., Толкач О.В.	<i>Лесовозобновление в пригородных лесах среднего Урала с учетом градиента техногенного загрязнения почв</i>	11
Залесов С.В., Абрамова Л.П., Луганский Н.А.	<i>Предварительные культуры сосны обыкновенной и лиственницы Сукачева на Южном Урале</i>	14
Залесов С.В., Магасумова А.Г., Залесова Е.С.	<i>Оптимизация рубок ухода в сосняках Среднего Урала</i>	18
Игнатова М.В., Аткина Л.И.	<i>Масса и площадь листьев у яблони ягодной, боярышника кроваво-красного, клена ясенелистного и рябины обыкновенной в уличных посадках Екатеринбурга</i>	22
Калитвянская А.В.	<i>Проблемы использования рекреационных ресурсов особо охраняемых природных территорий</i>	25
Лопатин К.И.	<i>Эколого-экономическое и правовое обоснование картографического обеспечения размещения нефтепромысловых объектов на заболоченных территориях Ханты-Мансийского автономного округа</i>	28
Луганский Н.А., Абрамова Л.П., Залесов С.В.	<i>Состояние насаждений Джабык-Карагайского бора в условиях меняющегося климата</i>	35
Луганский Н.А., Терехов Г.Г.	<i>Влияние микроэкоtopов лесокультурного участка на естественное восстановление ели сибирской</i>	40
Ольховка И.Э., Абрамов В.П., Залесов С.В.	<i>Анализ горимости лесов и лесопожарное районирование юга Тюменской области</i>	46
Помазюк В.А., Залесов А.С.	<i>Влияние различных способов рубок на лесовозобновление в производных березняках на Среднем Урале</i>	50
Соловьев В.М., Санникова О.Н., Соловьев М.В.	<i>Особенности роста и дифференциации одновозрастных древесных растений в первые годы жизни на однородном субстрате</i>	58
Соловьев В.М., Соловьев М.В., Санникова О.Н.	<i>Естественнонаучные основы рубок ухода по типам строения и формирования древостоев</i>	62
Сродных Т.Б.	<i>Влияние интразональных факторов на рост и состояние зеленых насаждений сибирских городов крайне северотаежной зоны</i>	68
Сродных Т.Б., Воронина Е.А.	<i>Санитарное состояние насаждений на улицах Екатеринбурга</i>	71
Усольцев В.А., Терехов Г.Г., Канунникова О.В., Пальмова Н.В., Балицкий М.И., Касаткин А.С., Кузьмин Н.И.	<i>Биологическая продуктивность культур ели и сосны в Урало-Тургайском регионе</i>	75
Фомин В.В., Попов А.С., Низаметдинов Н.Ф., Шалаумова Ю.В., Шавнин С.А.	<i>Морфофизиологическая и автоматизированная оценка состояния сосновых древостоев в зоне действия атмосферных промышленных загрязнений</i>	80
Чижов Б.Е., Парьгина Н.Г., Суслов А.В., Аткина Л.И.	<i>Инвентаризация территории золоотвала и методы создания на них парковых насаждений Тюмени</i>	85
Чиндяев А.С., Порошилов А.В.	<i>Особенности распределения корней <i>Picea obovata</i> на осушенных низинных болотах Среднего Урала</i>	91
Швалева Н.П., Залесов С.В.	<i>Санитарное состояние сосновых древостоев в условиях лесопарков Екатеринбурга</i>	95
Шебалова Н.М., Залесов С.В.	<i>Биоиндикация лесных почв, расположенных в зоне техногенного загрязнения</i>	99

Лесинженерное дело

Азаренок В.А., Безгина Ю.Н., Ярошук В.С.	<i>Динамика поздней зоны древесины хвойных пород после проведения несплошных рубок</i>	103
Булдаков С.И.	<i>Загрязнение окружающей среды в районе автозаправочных станций</i>	107
Булдаков С.И.	<i>О рациональном проектировании автозаправочных станций</i>	110
Бутко Г.П., Раменская Л.А.	<i>Повышение инвестиционной привлекательности предприятий лесного сектора на основе инновационного развития</i>	112
Герц Э.Ф., Иванов В.В.	<i>Некоторые особенности валки деревьев бензиномоторной пилой при несплошных рубках</i>	118
Кручинин И.Н., Ежова М.Г.	<i>Экономическое обоснование применения сортиментовоза повышенной проходимости на гибких резинометаллических гусеницах в зимних условиях</i>	123
Меньшиков Б.Е., Воробьева Е.В.	<i>Обоснование эффективности производства тонкомерно-короткомерного сырья в различных природно-производственных условиях лесозаготовительных предприятий</i>	126
Мехренцев А.В., Беляйков Ф.Г., Полукаров М.В.	<i>Оценка влияния продолжительности рабочей смены оператора харвестера на производительность и состояние природной среды</i>	130
Полукаров М.В., Беляйков Ф.Г., Мехренцев А.В.	<i>Классификация лесосечных машин и механизмов по виду выполняемых операций</i>	133
Савсюк М.В., Кручинин И.Н., Булдаков С.И.	<i>Устройство для оценки параметров лесного снежного покрова</i>	137

Химические технологии

Вураско А.В., Дрикер Б.Н., Галимова А.Р.	<i>Ресурсосберегающая переработка недревесного растительного сырья</i>	140
Лисиенко В.Г., Кириллова Т.С., Санников С.П., Агеев А.Я.	<i>Анализ энергоемкости производства сульфатной целлюлозы методом полного энергетического анализа</i>	144
Ветошкин Ю.И., Коцюба И.В., Яцун И.В., Одинцева С.А.	<i>Общий подход к расчету напряженного деформированного состояния композиционного слоистого материала «Фанотрен Б» с защитными свойствами от рентгеновского излучения</i>	149
Подковыркина О.М., Демидова Л.В., Бурындин В.Г., Середа Б.П.	<i>Получение малотоксичных древесностружечных плит с использованием модифицированных карбамидоформальдегидных смол</i>	152
Сиваков В.П., Партин И.А., Партин А.И.	<i>Зависимость плотности суспензии от факторов коммутации в питателях высокого давления</i>	156
Сиваков В.П., Партин И.А.	<i>Источники колебаний загрузочной циркуляции установок непрерывной варки целлюлозы</i>	159
Сиваков В.П., Гольнский М.Ю.	<i>Установка виброактиватора для обрушения сводов в бункере технологической цепи</i>	162
Соколов Е.В., Анкудинов Д.Т.	<i>Численное моделирование рабочих процессов центробежных насосов как способ повышения эффективности его работы</i>	165
Телюфанова О.П., Булдаков С.И., Кондратов В.К.	<i>Разработка научных и технологических основ регулирования адгезионных свойств вяжущих и адсорбционной способности каменных материалов и наполнителей в дорожном строительстве</i>	169

Деревообработка

Беленков Д.А., Левинский Ю.Б., Стенина Е.И.	<i>Усовершенствование процесса пропитки антисептиком «Ултан»</i>	174
Глебов И.Т., Гороховский А.К.	<i>Продольное пиление древесины пилой с косой заточкой зубьев</i>	177
Вихарев С.Н., Душинина С.А.	<i>Исследование колебаний ножей гарнитуры мельниц при размоле волокнистых полуфабрикатов</i>	180
Комиссаров А.П., Памфилов Е.А., Тракало Ю.И., Левинский Ю.Б.	<i>Объемная твердость как фактор регулирования процессов обработки древесины</i>	184

ВЛИЯНИЕ ВЫБРОСОВ АВТОТРАНСПОРТА НА АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ХВОИ ЕЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ЕКАТЕРИНБУРГА

Л.И. АТКИНА, *проф. каф. ландшафтного строительства УГЛТУ, докт. с.-х. наук,*
С.В. ВИШНЯКОВА, *ст. преподаватель каф. ландшафтного строительства УГЛТУ*

Большинство работ по проблеме техногенных загрязнений посвящено влиянию выбросов крупных промышленных предприятий на естественные лесные насаждения. О городских посадках хвойных таких работ очень мало, хотя в последнее время появились научные сводки по городам Архангельску [1], Санкт-Петербургу [2], Йошкар-Оле [3].

Является установленным фактом высокая чувствительность хвойных пород к воздействию загрязняющих веществ [4]. Хвойные посадки газоустойчивы к небольшим дозам атмосферного загрязнения, и незначительные повреждения существенно не влияют на долговечность растений, в то время как большие аэротехногенные выбросы ведут к гибели насаждений [5].

Одним из наиболее распространенных видов древесных растений-биоиндикаторов, используемых для мониторинга, является ель обыкновенная. Сравнительный анализ ели обыкновенной и других видов в санитарно-гигиеническом отношении приводит к выводу, что насаждения из сизохвойных и серебристых форм ели обладают большей зимостойкостью и газопоглотительной способностью [6].

Известно, что техногенное загрязнение оказывает влияние на весь биометрический комплекс ели обыкновенной и заключается в нарушении основных физиологических процессов фотосинтеза, дыхания, корневого питания, репродуктивной системы, приводя в итоге к снижению продуктивности [7]. Ранее нами установлено, что наиболее чутко на загрязнения городской среды реагирует ассимиляционный аппарат ели, уменьшается продолжительность жизни хвои и степень охвоенности в целом [8].

Для того, чтобы установить изменения, вызванные воздействием атмосферного загрязнения, необходимо знать морфологические особенности хвои ели, произрастаю-

щей в благоприятных условиях. В настоящее время установлено, что в пределах годичного прироста побега ели обыкновенной и ели колючей существует зависимость длины и ширины хвоинок от их расположения на побеге, а длина хвои изменяется и от возраста ветви, и от порядка ее ветвления. От размещения хвоинок варьирует не только длина хвои, но и форма поперечного сечения хвоинок, которая чувствительна к условиям освещенности.

В условиях Екатеринбурга на загрязнение воздуха в большей степени влияют отработанные газы автотранспорта, с каждым годом эта проблема становится более актуальной. В настоящее время в атмосферу города ежегодно выбрасывается до 20 тыс. т загрязняющих веществ от стационарных источников и более 140 тыс. т от автотранспорта. Таким образом, выбросы от автотранспорта почти в 7 раз превышают валовый выброс от промышленных предприятий.

Степень негативного влияния автотранспорта на природную среду напрямую зависит от технических категорий дорог. Максимальное содержание вредных веществ приходится на зону шириной 30–50 м от полотна изученных дорог с выраженным максимумом в примыкающей к дороге 10-метровой зоне. Особо загрязняемыми участками являются перекрестки автомагистралей, где предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ превышают санитарную норму в несколько раз. Иногда они не совпадают с общей картиной по районам.

Цель работы – выявить особенности параметров хвои деревьев ели обыкновенной, произрастающей на участках с различным уровнем аэрозагрязнения автотранспортом.

Для этого 2004–2006 гг. отбирались образцы хвои и ветвей с деревьев ели 2 уровней, по возможности на одинаковой высоте (нижняя часть у некоторых деревьев подвергалась механической уборке), со стороны дороги.

Коэффициенты точности и варибельности полученных результатов при разном количестве образцов

Количество образцов, шт.	Параметры хвои, мм	$\bar{x} \pm Mx$	$C_v, \%$	$P_v, \%$
10	Ширина	$1,10 \pm 0,031$	8,9	2,8
	Толщина	$0,59 \pm 0,011$	2,9	0,9
	Диаметр центрального пучка	$0,17 \pm 0,009$	17,6	5,6
8	Ширина	$1,10 \pm 0,014$	3,7	1,3
	Толщина	$0,58 \pm 0,038$	17,2	6,1
	Диаметр центрального пучка	$0,20 \pm 0,006$	8,4	2,9
5	Ширина	$1,02 \pm 0,028$	6,2	2,7
	Толщина	$0,47 \pm 0,023$	11,0	5,0
	Диаметр центрального пучка	$0,21 \pm 0,013$	13,8	6,2

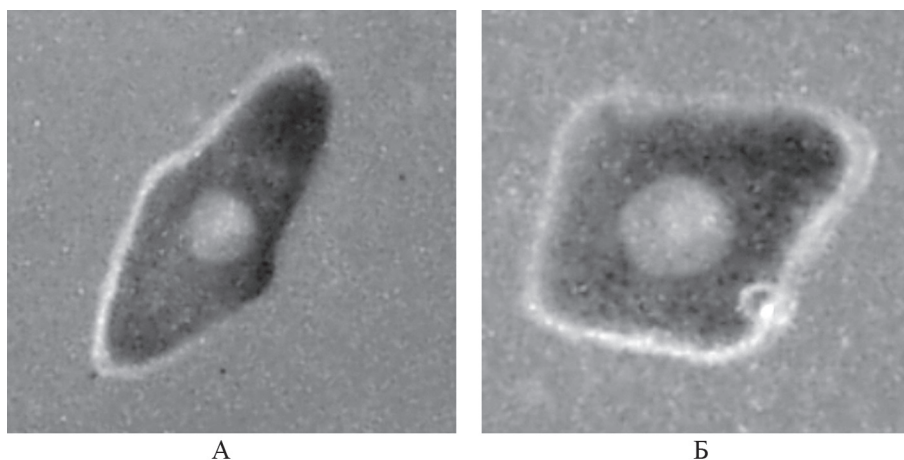


Рисунок. Поперечный срез хвои ели обыкновенной : А – в нижней части кроны; Б – в средней части кроны

При отборе образцов определялись параметры дерева, его расположение относительно дороги и санитарное состояние. Изучены морфометрические характеристики всего дерева, годичный прирост осевого побега (длина, количество хвоинок), продолжительность жизни хвои (определялась у ветвей, расположенных на высоте около 1 м, имеющих приблизительно один возраст), наличие некрозов, хлорозов, механических повреждений.

Визуальная оценка состояния деревьев и степень их нарушенности проводилась по 5-балльной шкале.

Возраст деревьев определялся по документам о посадке или визуально. Возможность визуального определения возраста ели по внешним признакам показана уже многими исследователями.

С каждого годичного прироста осевого побега, в его верхней части, бралось 5 хвоинок. Срезы поперечного сечения делали

в средней части хвоинки, по 2–3 среза. В процессе изучения образцы хранились в холодильной камере и были обработаны в течение 1–2 месяцев.

Измерения хвои проводились по фотографиям, сделанным с увеличением электронным микроскопом в 60 раз. Периметр поперечного среза хвои определялся по формуле Тирена $\Pi = 2\sqrt{a^2 + b^2}$, где a – толщина, b – ширина хвоинки. Для определения толщины и ширины хвои размеры изображения измерялись металлической линейкой. Затем рассчитывалась поверхность хвои как произведение длины хвои на периметр ее поперечного сечения. По фотографиям хвои замерялся диаметр центрального проводящего пучка и его расположение в зависимости от размещения хвои в кроне дерева (нижней или средней части кроны). Так как известно, что ширина и толщина хвои увеличивается с повышением ее возраста, то подбирались образцы одного возраста (10–15 лет).

Показатели связи проводящего пучка от расположения хвои в кроне и степени загрязнения

Расстояние от объекта до дороги, м	Часть кроны	Расстояние от центра проводящего пучка до правой границы, мм			Расстояние от центра проводящего пучка до левой границы, мм		
		X±mх, мм	Cv, %	Pv, %	X ± mх, мм	Cv, %	Pv, %
1 – 10 (3 м)	Средняя	0,43±0,030	16,30	7,30	0,38±0,030	13,70	6,15
	Нижняя	0,42±0,008	4,03	1,80	0,37±0,009	5,29	2,37
11 – 40 (20 м)	Средняя	0,50±0,010	4,40	1,97	0,43±0,010	5,32	2,40
	Нижняя	0,42±0,005	2,63	1,18	0,38±0,007	4,42	1,98
40– и более (45 м)	Средняя	0,53±0,004	1,87	0,83	0,52±0,01	5,34	2,40
	Нижняя	0,55±0,01	3,80	1,70	0,50±0,01	4,35	1,95

Периметр и площадь поверхности хвои ели обыкновенной

Расстояние от объекта до дороги, м	Часть кроны	Периметр поперечного сечения хвои, мм			Площадь поверхности хвои, мм		
		X ± mх, мм	Cv, %	Pv, %	X ± mх, мм	Cv, %	Pv, %
1 – 10 (3 м)	Средняя	2,47 ± 0,040	7,14	3,20	29,64 ± 0,440	4,77	2,14
	Нижняя	2,26 ± 0,030	2,72	1,22	30,00 ± 0,330	8,90	4,00
11 – 40 (20 м)	Средняя	2,56 ± 0,010	3,46	1,50	38,00 ± 0,230	4,75	2,10
	Нижняя	2,25 ± 0,020	3,64	1,63	27,00 ± 0,400	5,43	2,43
40– и более (45 м)	Средняя	2,63 ± 0,050	9,11	4,08	43,40 ± 0,350	4,60	2,06
	Нижняя	2,64 ± 0,020	6,90	3,10	34,80 ± 0,320	3,78	1,70

Проанализировано более 1000 образцов, взятых с 300 деревьев, произрастающих в различных условиях аэрозагрязнения, которые определяются расстоянием от дороги: I уровень загрязнения – расстояние от проезжей части до 10 м; II уровень – от 11 до 20 м; III уровень – более 50 м и во дворах.

Для обеспечения достоверности результата выборки была проведена методическая работа. Результаты приведены в табл. 1. Установлено, что для обеспечения достоверности данных достаточно брать по одному срезу с пяти хвоинок.

Форма поперечного сечения хвои меняется от продолговато-овальной в нижней части до почти квадратной в средней части кроны (рисунок). В исследованных нами образцах почти в 80 % наблюдений соблюдается данная изменчивость.

Проводящий пучок расположен в хвоинке ассиметрично у растений, произрастающих на расстоянии от 0 до 20 м от дороги (табл. 2). У деревьев, не испытывающих сильные загрязнения, ассиметрия хвоинки почти не выражена. Это может быть вызвано недостатком пластических веществ. В неблагоприятных условиях произрастания растение тратит много ресурсов на преодоление негативного воздействия.

Ширина хвоинки увеличивается с уменьшением степени атмосферного загрязнения: чем дальше от дороги, тем хвоинки шире. Наиболее четко эта закономерность отмечена для хвои средней части кроны.

Сравнивая периметр поперечного сечения хвои, произрастающей в средней и нижней части кроны в различных условиях, мы можем сказать, что наблюдается увеличение данного показателя по мере удаления объекта от автомобильной дороги (табл. 3).

Периметр поперечного сечения хвои увеличивается от нижней части кроны к средней при расстоянии до 20 м от дороги. При более благоприятных условиях (более 40 м), периметр поперечного сечения хвои в средней и нижней части кроны уравнивается. Площадь поверхности хвои, при различных условиях загрязнения, в средней части кроны больше, чем в нижней.

Ель обыкновенная достаточно чутко реагирует на условия атмосферного загрязнения выбросами автотранспорта. Кроме внешних

изменений, которые отмечаются лишь после длительного воздействия (некроз, усыхание и т.д.), происходят изменения и на анатомическом уровне: уменьшается периметр поперечного сечения, площадь поверхности, асимметричность расположения проводящего пучка. Знание этих особенностей позволит выявить негативное влияние на более ранних стадиях.

Библиографический список

1. Феклистов, П.А. Насаждения деревьев и кустарников в условиях урбанизированной среды г. Архангельска / П.А. Феклистов. – Архангельск: АГТУ, 2004. – 112 с.
2. Герасимов, А.О. Устойчивость хвойных пород в уличных посадках Санкт-Петербурга: дисс. ... канд. биол. наук / А.О. Герасимов. – СПб, 2003. – 24 с.
3. Соловьева, О.С. Функциональные и физиологические особенности древесных растений в условиях городской среды (на примере г. Йошкар-Олы): дисс. ... канд. с.-х. наук / О.С. Соловьева. – Йошкар-Ола, 2003. – 22 с.
4. Илькун, Г.М. Загрязнители атмосферы и растения / Г.М.Илькун. – Киев, Наук.думка, 1978. – 246 с.
5. Абрамшвили, Г.Г. Влияние загрязнений на хвойные насаждения / Г.Г. Абрамшвили // Гигиена и санитария. – 1957. – № 4.
6. Десслер, Х.Г. Влияние загрязнения воздуха на растительность. Причины. Воздействия. Ответные меры / Х.Г. Десслер. – М., 1981. – 181 с.
7. Алексеев, В.А. Признаки ослабления деревьев ели под влиянием атмосферного загрязнения / В.А. Алексеев, Л.Д. Рак // Лесоведение. – 1985. – № 5. – С.37–43.
8. Вишнякова, С.В., Аткина Л.И. Влияние условий загрязнения на улицах г. Екатеринбурга на состояние ели обыкновенной. Леса Урала и хозяйство в них / С.В. Вишнякова, Л.И. Аткина // Сб.науч.тр. Вып. 27. – УГЛТУ, 2006.

ХРОНОЛОГИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В ИЛЬМЕНСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

А.Е. ДУБИНИН, *зам. директора по научной работе Ильменского заповедника УрО РАН*,
 А.Г. МУМБЕР, *ст. науч. сотр. Ильменского заповедника УрО РАН, канд. биол. наук*
 В. В. ГРИГОРЬЕВ, *асп. УГЛТУ*,
 Е.Ю. ПЛАТОНОВ, *асп. УГЛТУ*,
 И.Э. ОЛЬХОВКА, *асп. УГЛТУ*

На протяжении длительного времени огонь оказывал сильное влияние на процесс формирования растительного покрова Ильменского заповедника [1, 2, 3, 4]. Лесные пожары сохраняют важное лесообразующее значение на охраняемой территории и в настоящее время [5].

Для объективной оценки пожарного режима на конкретной лесной территории важно учитывать не только основные показатели потенциальной горимости лесов, определяемые совокупностью природно-климатических и ландшафтных факторов, но и реальную горимость лесов, на уровень которой сильное влияние оказывает удаленность территории от населенных пунктов и посещаемость населением.

Оценка потенциальной пожарной опасности в Ильменском заповеднике, выполненная при проведении очередного лесоустройства, с учетом климатических условий и распределения покрытой лесом площади по преобладающим породам и классам возраста показала, что по потенциальной горимости

леса заповедника относятся к числу особо пожароопасных объектов [6]. Целью проводимых исследований было изучение динамики пожаров и оценка реальной горимости лесов на основании имеющихся литературных и архивных материалов, а также материалов собственных исследований.

Материалы и методика исследований

В основу ретроспективного анализа горимости сосновых лесов заповедника периода 1840–1939 гг. легли материалы С.Л. Ушкова [1]. Исследования С.Л. Ушкова были проведены в 1939–1940 гг. в южной части бывшей Миасской дачи. Поводом для них явились очень сильные пожары в крайне сухом и ветреном 1936 г. В течение продолжительного пожароопасного сезона (с апреля по октябрь) пожарами были охвачены 58 кварталов южной части и 33 квартала северной части Миасской дачи. На третий и четвертый годы после пожара были обследованы 8 800 га лесной площади, пройденной огнем.

В ходе изучения гарей применялся площадной метод, при котором в разных пунктах каждого квартала брались спилы стволов поврежденных и усохших деревьев. Результаты датировки пожаров, установленные по годичным кольцам, наносились на карту для определения площади, охваченной пожарами разных лет. Автор отмечает, что данный метод позволяет учесть только наиболее сильные пожары, способные прожечь толстую кору сосен и лиственниц старше 50 лет и оставляющие отчетливые следы в форме подсушин.

Впоследствии С.Л. Ушковым были собраны данные лесного отдела (по журналу регистрации) о пожарах за период 1940–1956 гг. Эти материалы также использовались при анализе динамики лесных пожаров.

В основу анализа горимости лесов, проведенного Б.А. Мироновым в 1996 г. [5], положены принципиально иные материалы, чем те, которые использовал С.Л. Ушков. В данном случае был проанализирован непрерывный ряд регистрации пожаров как беглых, так и устойчивых, включая мелкие участки загораний (менее 0,1 га), которые ежегодно фиксировались сотрудниками лесного отдела (архивные данные).

В отчете Б.А. Миронова отражены данные по пожарам с 1950 по 1996 год. В дальнейшем этот ряд был продлен до 2000 г. В контексте принятой нами схемы анализа (для сопоставимости с данными С.Л. Ушкова за предыдущие годы) эти данные объединены по десятилетиям.

В рамках продолжения лесопирологических исследований и выявления истории горимости насаждений сосны на территории заповедника в период с 2001 по 2005 г. были заложены серии постоянных пробных площадей, при подборе которых использовался метод топоэкологических рядов. Пробные площади закладывались в пределах конкретных макросклонов в насаждениях, характерных для различных типов лесорастительных условий (I–IV ТЛУ по Е.М. Фильрозе) [2], размером 0,5–1,0 га [7], в верхней, гребневой части, в середине склона и у его подошвы. Форма пробных площадей определялась по принципу однородности участка – обычно прямоугольная. В работе был использован

дендрохронологический метод датировки прошлых пожаров по морфологии пожарных поранений (метод «пожарных подсушин»). Достоинство этого метода заключается в том, что он позволяет реконструировать историю пожаров в каждом конкретном насаждении за весь период жизни древесного яруса. Последнее особенно важно, если учесть, что в настоящее время для заповедника характерны частые, но мелкие низовые пожары – почти 70 % всех загораний за последние 50 лет приходится на пожары площадью менее одного гектара [5]. Всего за период исследований проанализировано 174 образца спилов стволов сосен с пожарными подсушинами с 36 пробных площадей. Возраст древостоев определен по 20 модельным деревьям на каждой пробной площади.

Результаты и обсуждение

Анализ архивных данных, материалов С.Л. Ушкова, Б.А. Миронова и собственных исследований позволяет воссоздать временную картину горимости лесов на территории Ильменского заповедника.

Распределение пожарных лет по данным С.Л. Ушкова представлено в табл. 1 и свидетельствует о многократном увеличении уровня пожарных нагрузок на леса в первой половине XX столетия.

Распределение пожаров во второй половине XX в. представлено в табл. 2. Приводимые материалы характеризуют почти пятикратное увеличение числа загораний за последние 60 лет.

Т а б л и ц а 1

Распределение лесных пожаров на территории южной части Ильменского заповедника за период с 1840 по 1939 г.

Годы	Количество пожаров
1840–1849	8
1850–1859	8
1860–1869	4
1870–1879	5
1880–1889	8
1890–1899	9
1900–1909	17
1910–1919	28
1920–1929	24
1930–1939	71
Всего	182

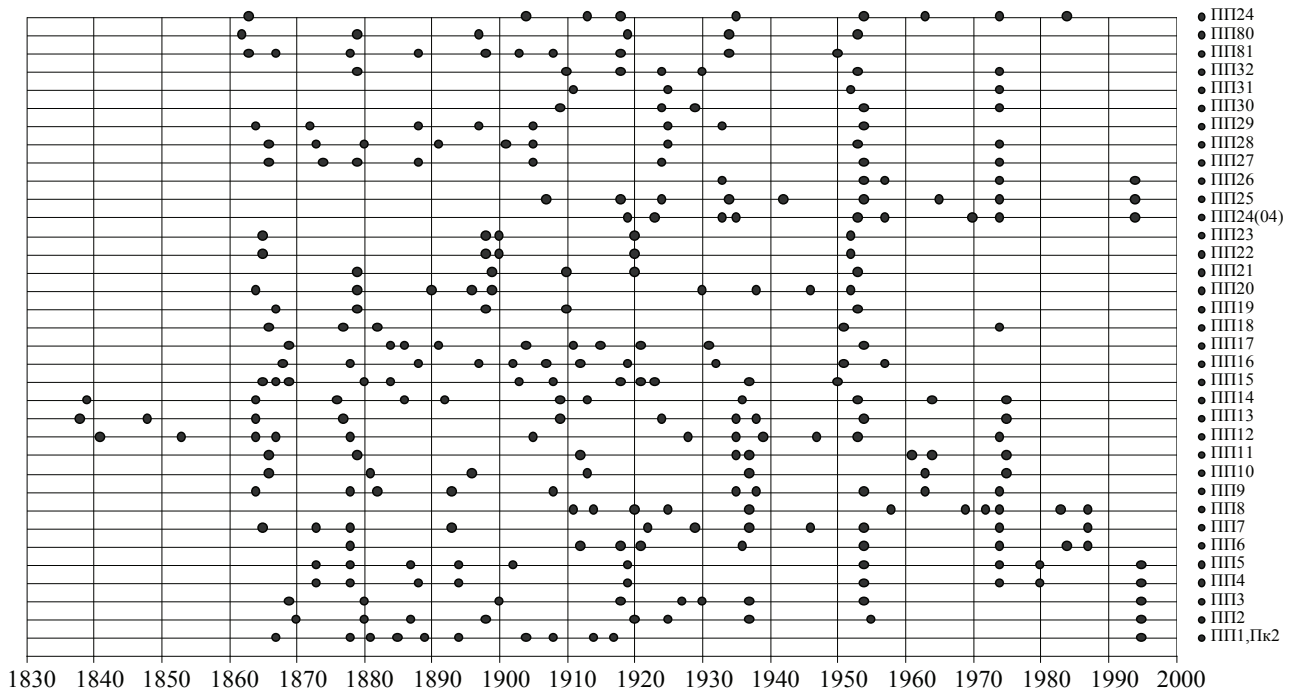


Рисунок. Результаты датировки пожаров по подсушинам

Т а б л и ц а 2

Распределение лесных пожаров на территории Ильменского заповедника за период с 1940 по 1999 г.

Годы	Количество пожаров
1940–1949	49
1950–1959	55
1960–1969	105
1970–1979	140
1980–1989	132
1990–1999	244
Всего	825

Материалы датировки пожаров по подсушинам характеризуют частоту интенсивных пожарных нагрузок на каждый из изученных участков насаждений. Обобщенные хронологии пожаров на пробных площадях по каждой из выборок деревьев представлены на рисунке в графической форме. На нем для удобства анализа временного распределения пожаров период жизни древостоев разбит на десятилетия.

Как видно из рисунка, все спелые и перестойные насаждения сосны (средний возраст древостоев от 140 до 190 лет) несут отчетливые следы многократного повреждения огнем в форме пожарных поранений стволов. Всего на пробных площадях зафиксировано

356 послепожарных подсушин (в это число не внесены мелкие, не вполне «явные» подсушины, датировка которых затруднительна), что соответствует в среднем девяти пожарам высокой интенсивности на каждый из изученных участков леса за весь период жизни материнского древостоя. Минимальное количество пожарных подсушин установлено в сосняках, произрастающих в районах курьи Липовой оз. Б. Миассово (ПП21–23), оз. Савелькуль (ПП18–20) и оз. Бараус (ПП30–32) на склонах северной экспозиции. Здесь из девяти заложенных пробных площадях в одном случае зарегистрировано четыре пожара, в шести – по пять пожаров и только в двух случаях – по 7 и 11 загораний (в среднем по 5,8 подсушин на одну пробную площадь). Следы наиболее частых пожаров обнаружены в районе Машгородка (ПП15–17), в самой верхней части Ильменского хребта, занятой в настоящее время преимущественно редколесьями и деградированными насаждениями паркового типа. В качестве пробных площадей здесь были выбраны участки наиболее сохранившихся относительно высокополнотных сосняков; максимальное количество подсушин достигает здесь 12, а минимальное – 10. Достаточно высокая частота прохождения устойчивыми низовыми пожарами уста-

новлена для сосновых насаждений в районе оз. М. Кисегач (ПП6-8) – по 9–11 подсушин на каждой пробной площади. Этот район наиболее посещаем местным населением и расположен на границе заповедника с курортной зоной. Сосняки в районе урочища Савельев ключ (ПП2–5) и в районе оз. Прудки (ПП9–14) испытывали воздействие интенсивных пожаров от 7 до 12 раз (в среднем для 10 пробных площадей – 9,5 раза), что объясняется частым незаконным посещением этих мест населением.

Данные рисунка свидетельствуют, что в наиболее пожароопасных условиях горного района заповедника (территория, прилегающая к Машгородку) в период с 1865 по 1960 г. средняя продолжительность межпожарного интервала составляла 8,4 года. В предгорном районе частота пожаров в тот же период была значительно ниже, особенно на удаленных от населенных пунктов участках лесной территории. Например, для насаждений в районе курьи Липовой оз. Б. Миассово, оз. Савелькуль и оз. Бараус средняя продолжительность межпожарного периода составила 19,7 лет при достаточно больших различиях между отдельными участками (колебания от 11 до 27 лет). В среднем по заповеднику за последние 150–160 лет сильные низовые пожары случались каждые 14,7 лет.

Полученные материалы свидетельствуют также, что, несмотря на общий чрезвычайно высокий уровень горимости сосновых лесов, частотные характеристики распределения пожаров на протяжении жизни древостоев очень изменчивы и неравномерны. Время возникновения из самосева большей части изученных насаждений (все они относятся к категории одновозрастных) приходится на 30–40-е гг. XIX в. Только в четырех случаях возраст модельных деревьев с подсушинами датируется десятилетиями-двадцатыми годами того же столетия и в трех случаях древостой оказались моложе (начали свое формирование в 50–60-х гг. XIX в.).

Показательно, что за первые полтора-два десятилетия жизни древостой ни в одном случае не несут следов воздействия пожаров. Период мощных огневых нагрузок начался примерно с 1863 г. и продолжался в течение

80 лет вплоть до 1940 г., т.е. пришелся на возраст насаждений от 20–30 до 100–120 лет. В этот период на каждое десятилетие приходится от 21 до 30 пожарных поранений стволов, что соответствует средней величине горимости каждого участка леса от 0,6 до 0,9 случаев устойчивых низовых пожаров за десятилетие. Максимальное число пожаров, давших подсушины, на отдельных пробных площадях, как правило, не превышает два за каждое десятилетие.

В последующие 60 лет количество устойчивых низовых пожаров резко снизилось. Лишь в одном десятилетии (1950–1959 гг.) зарегистрировано 35 подсушин. В остальное время суммарное количество подсушин по десятилетиям варьировало от четырех (1940–1949 гг.) до 22 (1970–1979 гг.). Средний уровень горимости в расчете на одну пробную площадь снизился до 0,4 случаев за одно десятилетие. В такие периоды значительная часть сосновых насаждений вообще не испытывала влияния сильных пожаров.

Если принять во внимание, что расчетные характеристики горимости лесов заповедника, выполненные Б.А. Мироновым [5], относятся именно к 1950–2000 гг., следует заключить, что роль крупных низовых пожаров в лесообразовательных процессах за последние 50 лет резко снизилась. Отчасти это можно объяснить повышением эффективности охраны лесов от пожаров. Однако в большей степени повышенная горимость молодых и приспевающих насаждений сосны по сравнению со спелыми и перестойными является следствием интенсивных процессов изреживания в стадии жердняка, приводящих к более высокому поступлению массы древесного опада и накоплению напочвенных горючих материалов. Периодические пожары только стимулируют эти процессы, каждый раз приводя к частичной гибели молодых деревьев.

В течение последних полутора столетий наблюдается увеличение частоты лесных пожаров на территории заповедника, косвенно свидетельствующее об усилении антропогенной нагрузки на охраняемую территорию.

На протяжении жизни поколения сосны, слагающего ярус древостоя, все насаж-

дения испытали многократное воздействие интенсивных пожаров (от 4 до 12 раз). При этом все древостои (максимальный средний возраст насаждений 190 лет) сохранили высокую жизненность, что еще раз подтверждает устойчивость сосны к пожарным нагрузкам.

Максимальное число огневых повреждений стволов установлено в возрасте насаждений от 20–30 до 100–120 лет; в последующие 60 лет уровень повреждаемости древостоев снизился в среднем в 4 раза.

При общем высоком уровне пожарных нагрузок (средний интервал между пожарами – 14,7 лет) наблюдается определенная цикличность и синхронность в повторяемости пожаров на различных лесных участках, что скорее всего связано с цикличностью климатических факторов. Среднее число пожаров на одной пробной площади изменяется по десятилетиям в очень широком диапазоне – от 0,11 до 1,0 шт.

Начиная с 1940 года горимость сосняков значительно сократилась и за последние 60 лет в среднем составляет 0,4 случаев интенсивных низовых пожаров за десятилетие.

Наблюдается значительная вариабельность в территориальном распределении пожаров по площади заповедника. Горимость лесов, прилегающих к селитебной зоне г. Миасса и Кисегачской санаторно-курортной

зоне, в 2 раза превышает аналогичные показатели в целом по заповеднику.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ-Урал 01-04-96473.

Библиографический список

1. Ушков, С.Л. Лесные пожары и особенности возобновления сосны и березы на гарях в Ильменском заповеднике / С.Л. Ушков // Тр. Ильменского государственного заповедника им. В.И. Ленина. – Свердловск, 1961. – Вып. 8. – С. 157–168.
2. Фильрозе, Е.М. Типы леса Ильменского государственного заповедника и их динамика / Е.М. Фильрозе // Труды по лесному хозяйству. – Новосибирск, 1958. – Вып. 4. – С. 157–163.
3. Дервиз, Г.И. Растительность / Г.И. Дервиз // Ильменский заповедник. – Челябинск, 1940. – С. 143–167.
4. Колесников, Б.П. Опыт классификации типов леса при устройстве лесов Ильменского заповедника / Б.П. Колесников, П.Ф. Трусов, Е.М. Фильрозе // Вопросы восстановления и повышения продуктивности лесов Челябинской области. Тр. ИЭРиЖ. – Свердловск, 1961. – С. 45–71.
5. Миронов, Б.А. Динамика пожаров в лесах Ильменского заповедника / Б.А. Миронов // Отчет «Летопись природы – 1996 г.». – Миасс, 1997. – С. 189–197.
6. Проект организации и ведения лесного хозяйства и заповедного дела Ильменского государственного заповедника / В.В. Сидоренко. – Н. Новгород, 2000. – 304 с.
7. Санников, С.Н. Экология и география естественно возобновления сосны обыкновенной / С.Н. Санников. – М.: Наука, 1992. – 264 с.

ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЕ В ПРИГОРОДНЫХ ЛЕСАХ СРЕДНЕГО УРАЛА С УЧЕТОМ ГРАДИЕНТА ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ

С.В. ЗАЛЕСОВ, *проф. каф. лесоводства УГЛТУ, д-р с.-х. наук,*

В.Н. ЛУГАНСКИЙ, *доц. каф. лесоводства УГЛТУ, канд. с.-х. наук,*

О.В. ТОЛКАЧ, *ст. науч. сотр. Ботанического сада УрО РАН, канд. с.-х. наук*

Исследование восстановительной способности пригородных лесов проводилось в лесах Тагильско-Свердловского зауральского предгорного (урбанизированного) лесохозяйственного района [5], выделенного согласно лесорастительному районированию [3]. Здесь особенно велики экологическая и социальная роли лесов, а также их устойчивость и быстрейшее воспроизводство. Исследуемая зона характеризуется хорошим потенциалом естественного восстановления

хвойными породами под пологом леса [5]. Однако пригородные леса испытывают воздействие урбанизированных территорий, которое складывается из влияния рекреации и техногенного загрязнения. Последнее мы рассматриваем как суммарный продукт жизнедеятельности больших городов, то есть результат функционирования промышленных предприятий, автотранспорта и аналогичных источников загрязнения. В лесных зеленых зонах Первоуральска, где были проведены

наши исследования, аккумулируются различные поллютанты как неизбежное последствие соседства с крупными городами и их развитой промышленностью. На основе данных по загрязнению гумусового горизонта почв на глубине 5–10 см двадцатью поллютантами (Материалы института Промэкологии УрО РАН) и методических указаний по оценке степени опасности загрязнения почв химическими веществами [4] был рассчитан суммарный показатель концентрации поллютантов, согласно которому основными загрязнителями почвы пригородных лесов являются медь и хром со степенью загрязнения от умеренно опасного до опасного.

Основные источники загрязнения медью и хромом – это Среднеуральский медеплавильный завод и завод «Хромпик», действующие с 40-х гг. Кроме меди и хрома, основными составляющими их выбросов являются: кадмий, свинец, цинк, мышьяк, сернистый ангидрид.

Соединения меди и ряда других тяжелых металлов имеют хорошо выраженный максимум в поверхностном (10–15 см) слое почвы. Вниз по профилю их концентрация значительно снижается.

Аккумуляция соединений тяжелых металлов в перегнойном слое может быть объяснена ионными свойствами почвенных коллоидов. Глинистые частицы и гуминовые кислоты, благодаря избыточному поверхностному отрицательному заряду, притягивают катионы металлов и обратимо связывают их. Высокая обменная способность почвенных коллоидов объясняется большой активной поверхностью, которой они обладают [2].

Процесс накопления поллютантов в почве развивался по хроническому типу, и визуально не было отмечено явной деградации эдификатора. Однако, если рассматривать динамику актуальной кислотности (рН) почвы лесопарков, то, по нашим и литературным данным [6], за последние 30 лет она увеличилась с 4,20–5,30 до 2,70–4,70. Постепенное увеличение кислотности влечет за собой обеднение лесных почв и опосредованно воздействует через них на все компоненты лесного биоценоза. Кроме того, повышение кислотности почвы приводит, по данным

В.П. Григорьева и Н.А. Юргенсона (1982), к высвобождению труднорастворимых неорганических соединений тяжелых металлов и переходу их в хелатную форму, легко усваиваемую растениями.

Пробные площади для учета естественного возобновления были заложены в буферной зоне загрязнения, в одном типе леса – ельник-сосняк ягодниковый. Это столетние сосновые насаждения второго бонитета с полнотой 0,7–0,8. На каждой пробной площади учет возобновления проводился в 20-кратной повторности в учетных площадках размером 2 × 2 м. Подрост делился на группы: по высоте до 0,1 м, 0,2 м, 0,5 м (мелкий подрост), 1,0 м, 1,5 м (средний), 2,0 м, 3,0 м и выше (крупный); по состоянию – на жизнеспособный и нежизнеспособный, отдельно учитывались всходы. Поскольку нежизнеспособного подроста практически не было, данные приводятся только по жизнеспособному подросту. На пробных площадях не было признаков рекреационной нагрузки. Подбирались они с уровнем загрязнения подвижными формами меди в гумусовом слое: 3 ПДК, 10 ПДК, 100 ПДК.

Кроме того, в 20 точках на каждой пробной площади измерялась мощность лесной подстилки с целью, с одной стороны, оценить влияние накопления поллютантов на подавление активности почвенных сапротрофных организмов, с другой стороны – установить зависимость между толщиной подстилки и количеством всходов и мелкого подроста.

Корреляция между толщиной подстилки, которая на разных пробных площадях составляла от 3 до 6 см, и содержанием подвижных форм меди в верхних горизонтах почвы не наблюдалась. Это отличается от литературных данных [1] и указывает на то, что рассматриваемый уровень и тип загрязнения не подавляет почвенную биоту.

По корреляционному анализу «мощность подстилки – возобновление» была установлена обратно пропорциональная зависимость между количеством всходов и подростом ели до 10 и 20 см и толщиной подстилки. Причем, судя по коэффициенту корреляции (–0,98), особенно сильно от толщины подстилки зависит количество самого мелкого подроста высотой до 10 см. Влияние мощности

подстилки на количество подроста пихты прослеживается только на всходах и подросте высотой до 10 см. Эта зависимость не такая высокая, как у ели, коэффициент корреляции равен 0,72–0,73 и, в отличие от ели, она прямо пропорциональная. Полагаем, это различное влияние мощности подстилки на количество всходов и мелкого подроста ели и пихты объясняется особенностями биологии этих видов.

На всех пробных площадях наблюдалось возобновление темнохвойными породами. Это свойственно лесохозяйственному району, в котором проводились исследования. Данные о минимальной обеспеченности подростом под пологом леса в ельнике-сосняке ягодниковом для успешного лесовозобновления были привлечены из рекомендаций по ведению лесного хозяйства на зонально-типологической основе в лесах Свердловской области [5]. В дальнейшем они будут именоваться «нормативными». Количество необходимого подроста приведено по группам: мелкий, средний, крупный. Для сравнения наших данных с нормативными мы создали аналогичные группы и добавили группу количества всходов, чтобы проследить динамику элиминации растений. Из приведенных данных в таблице видно, что в группе мелкого подроста количество растений уменьшилось по сравнению с количеством всходов в 4–17 раз. Из этого следует, что при наличии обильных всходов и вполне достаточного по сравнению с нормативным количеством мелкого подроста, среднего и крупного подроста может оказаться недостаточно. Поэтому для оценки успешности возобновления лучше ориентироваться на средний и крупный подрост с учетом необходимого количества мелкого (таблица).

Крупного пихтового подроста вне зависимости от уровня загрязнения будет достаточно для успешного лесовозобновления. Необходимое минимальное количество елового подроста по всем трем группам крупности было только при уровне загрязнения почвы медью 3 ПДК. В остальных случаях елового подроста (средний плюс крупный) было недостаточно для успешного лесовозобновления елью.

Что касается подроста сосны, то он встречался только мелкий (до 10 см) и в недостаточном количестве.

Для установления связи между количеством всходов жизнеспособного подроста ели и пихты по семи группам высот и уровня загрязнения почвы был проведен корреляционный анализ. В результате анализа установлено существование тесной ($-0,82 \div -0,98$) обратно пропорциональной зависимости у подроста ели до высоты 1,5 м, а у пихты – от 0,5 до 1,5 м. У растений ели и пихты выше 2 м связь количества подроста с уровнем загрязнения почвы отсутствует.

Кроме подвижных форм меди, в гумусовом горизонте почвы определялся еще ряд поллютантов (19 элементов). Их содержание в почве по суммарному показателю концентрации поллютантов оценивается как неопасное. Тем не менее, с помощью корреляционного анализа было исследовано влияние поллютантов на возобновление ели и пихты высотой до 50 см. Выбор этих групп подроста обусловлен тем, что корневые системы растений большей высоты могут спуститься ниже из слоя почвы, насыщенного поллютантами. В результате корреляционного анализа установлено влияние на численность подроста 6 элементов из 19.

Т а б л и ц а

Количество темнохвойного подроста в насаждениях с разным уровнем почвенного загрязнения, тыс. шт./га

Порода	ПДК	Всходы	Мелкий	Средний	Крупный
Ель, пихта	Норматив	–	2,00	1,50	1,00
Ель	3	57,50	12,25	1,50	0,75
	10	65,00	17,75	1,25	0,38
	100	22,50	2,00	0,38	0,88
Пихта	3	17,5	4,50	0,62	3,88
	10	15,00	0,88	1,13	2,38
	100	41,00	3,06	0,50	2,88

Как и в случае с подстилкой, влияние поллютантов по-разному сказывается на ели и пихте. Количество елового подроста только высотой от 10 до 20 см увеличивается на достоверно значимом уровне с увеличением содержания в почве цинка и молибдена. Коэффициент корреляции равен 0,97–0,99. У подроста пихты на содержание поллютантов реагирует только группа растений высотой в пределах 10 см. Корреляция численности пихтового подроста положительная с содержанием в почве бария, ванадия, серебра, отрицательная – с содержанием йода. Коэффициент корреляции высокий – 0,95 ÷ 0,99. Влияние перечисленных элементов на численность мелкого подроста ели и пихты может быть прямым или опосредованным. Во втором случае, вследствие различных реакций поллютантов в почвенном растворе, происходит улучшение или ухудшение почвенных условий для растений. Мы также не исключаем наличие случайной корреляции. Следует продолжить и углубить исследование этого вопроса.

Таким образом, загрязнение почвы подвижными формами меди оказывает более сильное влияние на еловое возобновление, чем на пихтовое. У растений той и другой породы высотой от 2 м и выше такое влияние не наблюдается. Причиной может быть то, что корневые системы выживших растений достигли слоев почвы, не аккумулирующих поллютанты.

Загрязнение почвы в настоящее время не оказывает катастрофического влияния на лесной биоценоз, о чем говорит наличие достаточного для успешного возобновления количества пихтового подроста. В перспективе сосновые насаждения на исследованных площадях заменятся пихтовыми с примесью ели. С лесосырьевой точки зрения такая замена нежелательна. Однако будет сохранена доминирующая функция лесной зеленой зоны – рекреация, депонирование поллютантов, улучшение экологической обстановки.

Библиографический список

1. Воробейчик, Е.Л. Реакция лесной подстилки и ее связь с почвенной биотой при токсическом загрязнении / Е.Л. Воробейчик // Лесоведение. – 2003. – №2. – С. 32–42.
2. Григорьев, В.П. Адсорбционная способность соснового насаждения и его устойчивость к промышленным эмиссиям / В.П. Григорьев, Н.А. Юргенсон // Экология. – 1982. – № 6. – С.14–21.
3. Колесников, Б.П. Леса Свердловской области / Б.П. Колесников // Леса СССР. – 1969. – Т. 4. – С. 64–124.
4. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почв химическими веществами (Минздрав СССР, утв.13.03.1987. №4266-87). – Москва, 1987. – 35 с.
5. Рекомендации по ведению лесного хозяйства на зонально-типологической основе в лесах Свердловской области. – Москва, 1984. – 55 с.
6. Фирсова, В.П. Лесные почвы Свердловской области и их изменения под влиянием лесохозяйственных мероприятий / В.П. Фирсова. – Свердловск. РИСО УФАИ СССР. 1960. – 152 с.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ КУЛЬТУРЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И ЛИСТВЕННИЦЫ СУКАЧЕВА НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

С.В. ЗАЛЕСОВ, *проф. каф. лесоводства УГЛТУ, д-р с.-х. наук,*
Л.П. АБРАМОВА, *доц. каф. лесоводства УГЛТУ, канд. с.-х. наук,*
Н.А. ЛУГАНСКИЙ, *проф. каф. лесоводства УГЛТУ, д-р с.-х. наук*

На Южном Урале, как и в других регионах нашей страны, в течение длительного времени происходит смена лесных насаждений из ценных пород лесобразователей (сосна, лиственница, ель) на производные менее ценные породы (осина, береза, липа). Причин этого явления много, однако основные – недостаточно высокая интенсивность ведения лесного хозяйства. Последняя ведет к снижению продуктивности лесов как в сырьевом, так и в

экономическом блоках. Важной задачей в данных условиях является повышение продуктивности лесов путем реконструкции вторичных лесных насаждений в расчете на формирование хвойных насаждений. Наиболее короткий путь к этому – создание последующих лесных культур на месте сплошь вырубаемых малоценных насаждений или создание под их пологом предварительных культур с последующей вырубкой лиственных древостоев.

Выращивание лесных культур под пологом леса имеет сравнительно давнюю историю [3, 4]. Еще в XIX в. многие лесоводы, начиная с Г. Гартига, рекомендовали проводить посевы ели и других пород под пологом изреженных насаждений за 2–3 года до их рубки [1]. Создание предварительных и подпологовых культур является одним из перспективных путей повышения продуктивности леса и эффективного использования земель лесного фонда.

Наши исследования проводились на территории Миасского и Октябрьского лесхозов Челябинской области. ПП (пробные площади) заложены в подзоне сосново-березовых лесов таежной зоны и в лесостепной зоне в ее двух подзонах – северной и южной [2].

Леса в районе исследования выполняют преимущественно средообразующие и защитные функции. В Миасском лесхозе мягколиственные и хвойные насаждения представлены приблизительно поровну. В Октябрьском лесхозе доминируют березовые насаждения, занимая 73,8 % лесопокрытой площади.

На Южном Урале в пределах Челябинской области на 1 ноября 1999 г. предварительные и подпологовые лесные культуры занимали 12 434 га площади, из которых 5 118 га (41,2 %) находились в неудовлетворительном состоянии. В Миасском лесхозе предварительных лесных культур 1 811 га, в Октябрьском лесхозе, который относится к подзоне южной лесостепи, – 30 га. Нередко наблюдается промедление с уборкой лиственного древостоя, и предварительные культуры долгое время находятся в условиях недостатка света и высокой конкуренции со стороны лиственных деревьев, что неблагоприятно отражается на их росте и развитии.

Пробные площади охватывают предварительные культуры сосны и лиственницы в возрасте от 8 до 37 лет, произрастающие в двух типах леса: ягодниковом и разнотравно-злаковом. Наши исследования проводились в березовых насаждениях VI–VIII классов возраста, II–IV класса бонитета, различной полноты.

Подрост хвойных пород: сосны обыкновенной и лиственницы – имеется только в подзоне предлесостепных сосново-березовых лесов. Их доля в составе не превышает 5 еди-

ниц. Процессы естественного возобновления успешнее протекают в насаждениях ягодникового типа леса. Так, в подзоне предлесостепных сосново-березовых лесов на пробных площадях ягодникового типа леса количество благонадежного подроста варьирует от 962 до 1135 шт./га, в то время как в насаждениях разнотравно-злакового типа леса – от 107 до 1176 шт./га. В подзоне северной лесостепи в составе подроста увеличивается доля осины, достигая на отдельных участках до 80 %. В разнотравно-злаковом типе леса количество благонадежного подроста в подзонах северной и южной лесостепи варьируется соответственно 45–836 шт./га и 30–1 456 шт./га. После удаления древостоя возобновление идет в основном вегетативным способом. Количества имеющегося подроста недостаточно для формирования высокопродуктивных древостоев.

На рост, сохранность и состояние предварительных культур сосны и лиственницы существенное влияние оказывает лиственный древостой. С увеличением его полноты наблюдается ухудшение таксационных показателей предварительных культур; биометрические показатели лесных культур уменьшаются (размеры кроны, количество ветвей в мутовках и др.).

В предварительных культурах лиственницы 25-летнего возраста при полноте лиственного древостоя 0,69 средний диаметр меньше в 3,4 раз (3,2 см), высота в 2,3 (4,1 м), запас в 35,4 раза (2,6 м³/га) по сравнению с аналогичными показателями в последующих культурах. Под пологом древостоя полнотой 0,44 эти показатели меньше в 2,7 (4,0 см), 1,9 (4,9 м) и 13,1 (7,0 м³/га) раз соответственно.

С увеличением времени произрастания предварительных культур под пологом лиственных древостоев уменьшается сохранность культур. В возрасте 16–18 лет последняя часто не превышает 25 %. Под пологом низкополнотных древостоев (полнота 0,24) в подзоне предлесостепных сосново-березовых лесов сохранность культур в таком же возрасте составляет 59 %.

Санитарное состояние предварительных культур ухудшается с увеличением времени нахождения их под пологом лиственно-

го древостоя и с увеличением его полноты. В подзоне предлесостепных сосново-березовых лесов наибольшее количество благонадежных растений в 16-летних последующих культурах сосны – 95 %. Несколько меньше (93 %) – в предварительных культурах при полноте лиственного древостоя 0,24. При полноте последнего 0,60 доля благонадежных сосенок уменьшается до 74 %; при увеличении доли неблагонадежных – до 24 %, усыхающих – до 1 % и сухостойных – до 1 %.

В предварительных культурах лиственницы доля неблагонадежных экземпляров составляет 34 %, а доля благонадежных – 62 %.

В подзоне северной лесостепи при полноте лиственного древостоя 0,97 доля благонадежных сосенок в предварительных культурах не превышает 33 %. С уменьшением полноты древостоя доля благонадежных растений увеличивается, достигая максимума в последующих культурах (98,5–99 %).

В подзоне южной лесостепи самая высокая доля благонадежных сосенок в 11-летнем возрасте отмечена в последующих культурах – 98 %, самая низкая – под пологом древостоя полнотой 0,47–77 %. При увеличении времени нахождения культур под пологом древостоя до 16 лет наблюдается уменьшение благонадежных экземпляров сосны в 1,3 раза и увеличение доли неблагонадежных, усыхающих и сухостойных в 3 раза по сравнению с культурами 11-летнего возраста, растущих при аналогичной полноте лиственного древостоя.

В результате удаления лиственного древостоя и резкого изменения экологической обстановки ухудшения санитарного состояния предварительных культур сосны и лиственницы не наблюдается. Доля поврежденных растений в предварительных культурах сосны не превышает 8 %, в культурах лиственницы – 10 %.

С увеличением полноты лиственного древостоя снижается надземная фитомасса предварительных культур сосны. Так, в подзоне сосново-березовых лесов фитомасса 14-летних последующих сосновых культур 96,5 т/га, под пологом древостоев полнотой 0,24 она меньше соответственно в 2,5 раза (38,2 т/га), 0,48 – в 17,3 раза (5,6 т/га), и 0,60 – в 186 раз (0,5 т/га). Под пологом ли-

ственного древостоя в культурах сосны, как правило, увеличивается доля кроны по сравнению с последующими культурами аналогичного возраста.

Удаление лиственного древостоя положительно влияет на накопление фитомассы предварительными культурами. Фитомасса культур сосны 14-летнего возраста на участке, пройденном рубками, спустя 6 лет после проведения последнего приема увеличивается в 15,0 раз, лиственницы 25-летнего возраста спустя 5 лет – в 6,2 раза по сравнению с культурами под пологом древостоя. У предварительных культур сосны на вырубке после удаления лиственного древостоя лидирующее положение занимает фракция хвои (39,7 %), затем идут ветви (30,6 %) и далее фракция стволов (29,7 %). Таким образом, культуры сосны, освободившись от влияния лиственного полога, в первую очередь начинают наращивать крону и ассимиляционный аппарат. В предварительных культурах лиственницы под влиянием рубки древостоя увеличивается доленое участие стволовой массы на 2,7 % по сравнению с культурами под пологом и уменьшается доля ветвей на 0,3 % и хвои на 2,4 %. Таким образом, процессы накопления стволовой массы в культурах лиственницы после рубки лиственного древостоя идут более интенсивно, чем в культурах сосны. Изреживание лиственного древостоя благоприятно влияет на накопление общей надземной фитомассы предварительных культур.

Полог лиственного древостоя в первые годы создания предварительных культур обеспечивает высокую их приживаемость и хороший рост, однако с увеличением возраста культур наблюдается отставание в росте от последующих культур. В подзоне предлесостепных сосново-березовых лесов под пологом древостоя с полнотой 0,24 это отставание проявляется в возрасте 7–11 лет, при полноте 0,48 – в 7 лет, 0,60 – в 4–5 лет. В подзоне северной лесостепи отставание проявляется в возрасте 4–6 лет под пологом древостоев полнотой 0,58–0,97 и в подзоне южной лесостепи – в древостоях полнотой 0,37–0,47.

После удаления лиственного древостоя рубками средней и высокой интенсивности происходит замедление роста по высоте

предварительных культур в течение первых двух лет. Рубки малой интенсивности таких изменений не вызывают. В последующие годы прирост по высоте предварительных культур на вырубке увеличивается в 2-3 раза по сравнению с культурами под пологом. То есть слабый рост культур под пологом листового древостоя и замедление роста в первые два года после рубки не оказывают отрицательного воздействия на интенсивный рост культур в будущем.

В целях повышения лесоводственной эффективности предварительных культур мы рекомендуем сосну и лиственницу вводить под полог производных березовых насаждений в подзоне предлесостепных сосново-березовых лесов и северной лесостепи. В условиях южной лесостепи предварительные культуры сосны следует создавать только на развитых незасоленных черноземах, серых лесных и оподзоленных почвах преимущественно легкого механического состава в березняках, сменивших сосновые древостои. В остальных случаях в этой подзоне создание культур сосны считаем нецелесообразным.

Предварительные культуры сосны и лиственницы необходимо создавать в приспевающих, спелых и перестойных листовых насаждениях, которые в ближайшее время поступят в рубку. Для выращивания предварительных культур лиственницы следует подбирать относительно плодородные, хорошо дренированные почвы в разнотравной, сложной группах типов леса. Сосну можно выращивать на менее богатых и более сухих почвах, чем лиственницу, в таких типах леса, как злаково-разнотравный, брусничный, ягодниковый.

Предварительные культуры сосны и лиственницы рекомендуем высаживать под полог древостоев с полнотой не выше 0,4. В средне- и высокополнотных насаждениях до посадки культур необходимо провести один прием рубки со снижением полноты древостоя до полноты 0,4. Предпочтение в создании предварительных лесных культур следует отдавать посадке. Культуры лучше закладывать весной 1-2-летними сеянцами сосны и лиственницы. Рекомендуем высаживать 4,5 тыс. шт. сеянцев сосны на 1 га и 2,5 тыс. шт./га сеянцев лиственницы.

Удаление листового древостоя проводится за один прием при возрасте культур 6-8 лет в зимний период. Одновременно с удалением листового полога необходимо проводить осветление лесных культур, т.е. удалить появившуюся после первого приема рубки поросль листовых пород.

При создании предварительных культур в низкополнотных насаждениях, а также после завершающего приема рубки листового древостоя удаление листовой поросли проводить не нужно, так как она не может заглушить предварительные культуры, а обеспечит допустимую примесь в составе формируемых молодняков. После удаления листового древостоя участки с уничтоженными в процессе валки и трелевки растениями сосны и лиственницы должны быть закультивированы не позднее следующего года после рубки. Дополнение следует вести после полной очистки вырубki от порубочных остатков осенью или ранней весной.

Предлагаемые рекомендации могут быть реализованы непосредственно на производстве. Результаты исследования могут быть использованы для дальнейшей разработки региональных рекомендаций по реформированию и обновлению древостоев.

По результатам исследований можно сделать вывод, что выведенные из-под листового полога предварительные культуры при значительной численности растений в них, равномерном размещении по площади, высокой сохранности при лесозаготовках способны очень быстро освоить образовавшуюся после рубки экологическую нишу и почти без перерыва в полной мере использовать ресурсы местообитания, повышая тем самым продуктивность лесных насаждений.

Библиографический список

1. Еремин, Н.В. Лесные культуры ели: учебное пособие / Н.В. Еремин. – Горький, 1979. – 63 с.
2. Колесников, Б.П. Леса Челябинской области / Б.П. Колесников // Леса СССР. – М.: Наука, 1969. – Т. 4. – С. 125-157.
3. Ониськив, Н.И. Подпологовые культуры на современном этапе / Н.И. Ониськив // Лесное хозяйство. – 1983. – № 1. – С. 35-38.
4. Ониськив, Н.И. Теория и практика создания лесных культур под пологом / Н.И. Ониськив // Лесное хозяйство. – 1992. – № 4-5. – С. 16-19.

ОПТИМИЗАЦИЯ РУБОК УХОДА В СОСНЯКАХ СРЕДНЕГО УРАЛА

С.В. ЗАЛЕСОВ, *проф. каф. лесоводства УГЛТУ, д-р с.-х. наук,*
А.Г. МАГАСУМОВА, *УГЛТУ, канд. с.-х. наук,*
Е.С. ЗАЛЕСОВА, *студент 2 курса УГЛТУ*

Общеизвестно, что рубки ухода являются основным лесоводственным мероприятием по выращиванию высокопродуктивных устойчивых насаждений. Однако лесоводственная и экономическая эффективность рубок ухода во многом определяется научно обоснованным подходом к режиму их проведения. К сожалению, на Урале практически нет спелых древостоев, пройденных ранее всеми видами рубок ухода, а выводы о лесоводственной и экономической эффективности их проведения основываются на теоретических положениях и материалах, полученных в других регионах страны. Разработка региональных практических рекомендаций по проведению рубок ухода в лесах различного видового состава и целевого назначения становится особенно актуальной в связи с изменившейся в последние годы экономической обстановкой в стране. В настоящее время как с биолого-лесоводственной, так и с экономической точек зрения доказана несостоятельность применения при рубках ухода в эксплуатационных лесах принципа «рано, умеренно и часто». Многочисленные опыты показывают несомненную возможность и целесообразность увеличения интенсивности изреживания и сокращения числа приемов рубок ухода.

С.Н. Сенновым [12] на основе экспериментальных данных для условий Ленинградской и Новгородской областей были составлены программы рубок ухода, которые позднее И.Г. Майоровым [10] были экономически обоснованы. Однако эти программы не могут использоваться на Урале, так как они не учитывают специфику природно-экономических условий региона. Для составления региональных программ должен быть накоплен обширный фактический местный материал, представленный в виде экспериментальных таблиц или моделей хода роста древостоев, в которых проводится регулярный уход [12].

Целью нашей работы является оценка эффективности рубок ухода в сосновых древос-

тоях ягодникового типа леса, произрастающих на территории Уральского учебно-опытного лесхоза Уральского государственного лесотехнического университета. В соответствии со схемой лесорастительного районирования Б.П. Колесникова и др. [8], территория района исследований относится к южнотаежному округу Зауральской холмисто-предгорной провинции Западно-Сибирской равнинной лесорастительной области. В основу исследований положены материалы по рубкам ухода различной интенсивности, полученные на постоянной пробной площади (ППП), заложенной в 1952 г. профессором М.В. Колпиковым в 17-летнем сосновом древостое с незначительной примесью лиственных пород. В 1976 г. в 41-летнем возрасте в насаждениях был проведен второй прием рубок ухода различной интенсивности. В секциях ППП проводились периодические обмеры всех деревьев по общепринятым методикам проведения работ на постоянных пробных площадях. Последний учет был выполнен в 2006 г. при возрасте древостоя 71 год.

Результаты опытов подтвердили вывод ряда исследователей [2-7, 9, 11, 12] о том, что рубки ухода не повышают общей производительности древостоев (табл. 1), а если и повышают, то незначительно.

Анализ материалов табл. 1 позволяет сделать вывод о том, что при различном режиме изреживаний эффективность рубок ухода сильно различается. Так, слабые рубки ухода, проведенные в 41-летнем возрасте (РС-1), приводят к увеличению прироста в первые 20 лет после рубки, а затем прирост древостоя резко снижается. Напротив, рубки ухода очень высокой интенсивности (КС-2) способствуют резкому снижению прироста по сравнению с таковым в контрольном древостое. Однако уже на протяжении 54 лет величина прироста на КС-2 имеет тенденцию поступательного увеличения. Последнее позволяет предположить, что в будущем прирост на данной секции достигнет такового в контрольном древостое.

Изменение производительности древостоев на ППП

Индекс секции	Интенсивность рубки по годам, %		Запас древесины в 1976 г., м ³ /га		Древостой в возрасте 55 лет (1990 г.)				Древостой в возрасте 63 лет (1998 г.)				Древостой в возрасте 71 года (2006 г.)			
	1952	1976	До рубки	После рубки	Запас, м ³ /га	Прирост, м ³ /га		Прирост, % к контролю	Запас, м ³ /га	Прирост, м ³ /га		Прирост, % к контролю	Запас, м ³ /га	Прирост, м ³ /га		Прирост, % к контролю
						Общий	Среднепериодический за 14 лет			Общий	Среднепериодический за 22 года			Общий	Среднепериодический за 30 лет	
КС-1	0	0	275	275	403	128	9,1	100	522	247	11,2	100	567	292	9,7	100
КС-2	70	0	233	233	319	86	6,1	67	424	191	8,7	78	511	278	9,3	95
РС-I	0	15	286	243	387	144	10,3	113	573	330	15,0	134	453	210	7,0	72
РС-II	50	37	288	182	307	125	8,9	98	430	248	11,3	101	478	296	9,9	101
РС-V	60	5	214	203	308	104	7,4	81	443	240	10,9	97	470	267	8,9	91
РС-VI	70	26	231	171	277	106	7,6	83	383	212	9,6	86	429	258	8,6	88

Т а б л и ц а 2

Эффективная продуктивность древостоев на ППП

Индекс секции	Интенсивность, %		Запас, вырубемый при проходных рубках, м ³ /га	Эффективная продуктивность древостоев в возрасте 55 лет			Эффективная продуктивность древостоев в возрасте 63 года			Эффективная продуктивность древостоев в возрасте 71 год		
	Прочисток	Проходных рубок		Запас общий, м ³ /га	Эффективная продуктивность		Запас общий, м ³ /га	Эффективная продуктивность		Запас общий, м ³ /га	Эффективная продуктивность	
					м ³ /га	% к контролю		м ³ /га	% к контролю		м ³ /га	% к контролю
КС-1	0	0	0	403	403	100,0	522	522	100,0	567	567	100,0
КС-2	70	0	0	319	319	79,0	424	424	81,2	511	511	90,1
РС-I	0	15	43	387	430	106,7	573	616	118,0	453	496	87,5
РС-II	50	37	106	307	413	102,5	430	536	103,0	478	584	103,0
РС-V	60	5	11	308	319	79,0	443	454	86,9	470	481	84,8
РС-VI	70	26	60	277	337	84,0	383	443	85,0	429	489	86,2

На всех опытных секциях запас древостоев ниже такового на контроле. В то же время при условии проведения рубок ухода интенсивностью 50 % в 17-летнем возрасте и 37 % в 41-летнем возрасте (РС-II) прирост древостоя превышает таковой на контрольной секции.

Для более детальной оценки количественных изменений, происходящих в древостое, использован показатель «эффективной продуктивности», предложенный Г.А. Владимировой [1]. Данный показатель (табл. 2) учитывает запас древесины в исследуемом возрасте с учетом вырубленного запаса при предыдущих уходах, за исключением не-

ликвидной древесины, вырубленной при прочистках. Материалы табл. 2 свидетельствуют, что лучшими показателями характеризуется насаждение, пройденное прочистками интенсивностью 50 % и проходными рубками интенсивностью 37 % (РС-II).

Относительное увеличение запаса можно назвать эффективной «работой» древостоя. Этот показатель учитывает первоначальный запас и характеризует темпы прироста. Эффективную «работу» древостоя можно использовать для оценки количественных изменений, а в качестве сравнительного показателя принять прирост древесины на 1 м³ наличного запаса после проведения рубок ухода (табл. 3).

Эффективная «работа» древостоя

Индекс секции	Запас, м ³ /га		Прирост		Эффективная «работа» древостоя, %	Отношение к контролю, %
	После рубки	Спустя 30 лет	Общий, м ³ /га	На 1 м ³ наличного запаса, м ³		
КС-1	275	567	292	1,06	106	100,0
КС-2	233	511	278	1,19	119	112,3
РС-I	243	453	210	0,86	86	81,1
РС-II	182	478	296	1,63	163	153,8
РС-V	203	470	267	1,32	132	124,5
РС-VI	171	429	258	1,51	151	142,5

Т а б л и ц а 4

Характеристика отпада по густоте

Индекс секции	Интенсивность, %		Отпад за 30 лет после проходных рубок		
	Прочисток	Проходных рубок	шт./га	%	Отношение к контролю, %
КС-1	0	0	5366	68,0	100,0
КС-2	70	0	1050	49,5	19,6
РС-I	0	15	2144	55,2	40,0
РС-II	50	37	866	36,7	16,1
РС-V	60	5	1252	44,3	23,3
РС-VI	70	26	396	26,8	7,8

Т а б л и ц а 5

Влияние рубок ухода на густоту древостоев и размер наиболее крупных деревьев

Индекс секции	Интенсивность, %		Через 9 лет после рубки		Через 14 лет после рубки		Через 22 года после рубки		Через 30 лет после рубки					
	Прочисток	Проходных рубок	Количество деревьев толще 20 см		Количество деревьев толще 20 см		Количество деревьев толще 20 см		Количество деревьев толще 20 см					
			шт/га	%	шт/га	%	шт/га	%	шт/га	%				
КС-1	0	0	75	1,5	20	175	3,5	22	550	17,5	24	650	25,7	32
КС-2	70	0	460	26,2	30	480	28,7	34	620	41,3	34	660	61,7	40
РС-I	0	15	190	5,0	28	276	8,0	28	520	21,2	32	543	31,2	36
РС-II	50	37	180	7,6	24	258	11,5	26	544	31,3	30	607	40,6	34
РС-V	60	5	194	6,5	24	278	10,3	26	548	26,5	30	601	38,2	44
РС-VI	70	26	339	22,9	28	383	28,4	28	561	44,9	32	594	54,8	36

Материалы табл. 3 наглядно свидетельствуют, что эффективная «работа» древостоя резко повышается при систематическом проведении изреживаний. В варианте опыта, когда древостой был пройден прочистками интенсивностью 70 % и проходными рубками интенсивностью 37 %, прирост на 1 м³ запаса более чем в полтора раза превысил величину данного показателя в контрольном древостое.

Одним из важнейших последствий рубок ухода является предотвращение естественного отпада. Без вмешательства человека в естественный отпад переходит более 45 % древесины от запаса, накапливаемого древостоем к возрасту спелости [2, 4, 6]. О влиянии различных режимов рубок ухода на величину отпада можно судить по материалам табл. 4.

На всех секциях, где были проведены рубки ухода, отмечается снижение отпада как

по абсолютной, так и по относительной величине. Если на контроле густота древостоя сократилась с 7891 до 2525 шт./га, то на секции РС-II снижение густоты не превышало 866 шт./га, а на секции РС-VI – 396 шт./га. В то же время рубками ухода не удалось исключить отпад полностью ни при одном варианте изреживания.

При проведении рубок ухода необходимо учитывать не только стоимость выращиваемой и заготавливаемой древесины, но и суммарную ценность других полезностей леса. Определенную ценность имеет живица, получаемая при подсочке сосны обыкновенной. Проведение рубок ухода, за счет увеличения доли крупных деревьев, способствует расширению базы подсочки. Так, объем среднего дерева сосны на контрольной секции составил в 2006 г. – 0,2246 м³, в то время как на КС-2 и РС-II аналогичные показатели составили 0,4495 и 0,3012 м³ соответственно.

Данные о влиянии рубок ухода на долю крупных деревьев приведены в табл. 5.

Материалы табл. 5 свидетельствуют, что доля деревьев толще 20 см, то есть возможных для подсочки, на всех рабочих секциях превышает таковую на контроле. Однако показатели густоты в абсолютных величинах между секциями различаются несущественно.

В результате проведенных исследований предлагается следующая программа рубок ухода в сосновых древостоях ягодникового типа леса.

Первый прием рубок ухода, при отсутствии опасности заглушения сосны листовыми породами, следует проводить в возрасте 17–20 лет интенсивностью 50 % по густоте. Задержка в уходе приводит к повышенному отпаду тонкомерных деревьев, повышению пожарной опасности и возможности потери насаждениями устойчивости. Увеличение интенсивности изреживания нежелательно, так как соответствующее ему повышение доли крупных сортиментов не компенсирует снижения запаса древостоя и потери качества выращиваемой древесины.

Второй прием рубок ухода целесообразно проводить в возрасте 40–45 лет интенсивностью 30–35 % по запасу. Последнее обеспечивает достаточно высокий уровень прироста и значительное сокращение отпада деревьев.

Третий прием рубок ухода при возрасте 80–100 лет не проводится. При более высоком возрасте рубки возможно проведение третьего приема ухода, но не позднее, чем за два класса до возраста главной рубки интенсивностью не более 25 %. Данный прием рубки должен проводиться по принципу выборочных санитарных рубок с целью поддержания хорошего санитарного состояния и использования потенциального отпада.

Предлагаемая программа рубок ухода обеспечивает выращивание высокопродуктивных устойчивых насаждений.

Библиографический список

1. Владимирова, Г.А. Экономическая эффективность рубок ухода / Г.А. Владимирова. – Новосибирск, 1981. – 114 с.
2. Давыдов, А.В. Рубки ухода за лесом / А.В. Давыдов. – М., 1971. – 184 с.
3. Залесов, С.В. Проходные рубки в сосняках южной подзоны тайги Урала: дис. ... канд. с.-х. наук / С.В. Залесов // – Свердловск, 1986. – 20 с.
4. Залесов, С.В. Проходные рубки в сосняках Урала / С.В. Залесов, Н.А. Луганский. – Свердловск, 1989. – 128 с.
5. Залесов, С.В. Лесоводственно-экономическое обоснование программ рубок ухода в сосняке ягодникового на Среднем Урале / С.В. Залесов, С.А. Зубов, К.И. Лопатин и др. // Леса Урала и хозяйство в них. Вып. 16. – Екатеринбург, 1993. – С. 57–73.
6. Зябченко, С.С. Формирование оптимальной структуры сосново-лиственных насаждений Карелии рубками ухода / С.С. Зябченко, А.А. Иванчиков // Проблемы повышения продуктивности лесов и перехода на непрерывное и рациональное лесопользование – Архангельск, 1983. – С. 132–133.
7. Кожевников, А.М. Научная основа рубок ухода в сосняках и технология их проведения / А.М. Кожевников. Технология и техника рубок ухода за лесом в странах СЭВ. – Вильнюс, 1974. – С. 92–106.
8. Колесников, Б.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области: Практическое руководство / Б.П. Колесников, Р.С. Зубарева, Е.П. Смолоногов. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. – 178 с.
9. Луганский, Н.А. Рубки ухода в Свердловской области / Н.А. Луганский, С.В. Залесов // Леса Урала и хозяйство в них. Вып. 15. – Свердловск, 1990. – С. 5–18.
10. Майоров, И.Г. Методы обоснования объемов и сортиментной структуры рубок ухода в средневозрастных насаждениях: дис. ... канд. с.-х. наук. / И.Г. Майоров. – Л., 1988. – 20 с.
11. Сеннов, С.Н. Рубки ухода за лесом / С.Н. Сеннов. – М., 1977. – 160 с.
12. Сеннов, С.Н. Рубки ухода за лесом в современных условиях / С.Н. Сеннов. – Л., 1987. – 250 с.

МАССА И ПЛОЩАДЬ ЛИСТЬЕВ У ЯБЛОНИ ЯГОДНОЙ, БОЯРЫШНИКА КРОВАВО-КРАСНОГО, КЛЕНА ЯСЕНЕЛИСТНОГО И РЯБИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УЛИЧНЫХ ПОСАДКАХ ЕКАТЕРИНБУРГА

М.В. ИГНАТОВА, *асп. каф. ландшафтного строительства УГЛТУ,*

Л.И. АТКИНА, *проф. каф. садово-паркового и ландшафтного стр-ва УГЛТУ, д-р с.-х. наук*

Зеленый фонд – неотъемлемая часть единой экологической системы Екатеринбурга. Он занимает площадь 24,2 тыс. га, около 10 тыс. га – внутригородские насаждения (скверы, бульвары, улицы и т.д.). В настоящее время остро назрела одна из важнейших проблем Екатеринбурга – сохранение жизнеспособности, защитных экологических функций, восстановление и ландшафтно-архитектурное благоустройство зеленого фонда города. Успешное решение проблемы возможно лишь в итоге разностороннего изучения, оценки и прогноза структуры, жизненного состояния, процессов восстановления зеленого фонда.

Одна из основных функций городских насаждений – улучшение экологического состояния среды. Важным критерием, выявляющим возможности растений улучшать состояние воздуха, является характеристика листовой массы, так как именно она отражает как адаптацию физиологических процессов растений, так и их роль в улучшении окружающей среды (пылеулавливающая, кислородопroduцирующая и т.д.). Сегодня практически все программы по изучению экологической роли насаждений так или иначе связаны с оценкой массы или поверхностью листвы. Существует и практический аспект – при проведении хозяйственных мероприятий происходит замена одних видов деревьев другими (из-за старости, при компенсационном озеленении и т.д.), зачастую при этом не учитывается экологическая роль видов. Отдельные древесные виды (береза повислая, липа мелколистная, виды тополя и др.) в какой-то степени изучены, так как они являются основными породами в лесных насаждениях. Деревья третьей величины, а также крупные кустарники древовидной формы практически не изучены.

В городских уличных посадках Екатеринбурга преобладают около 20 видов древесных растений. Среди них распространены

боярышник кроваво-красный, яблоня ягодная, рябина обыкновенная и клен ясенелистный, их доля в посадках на улицах различного назначения составляет 1 до 20 %.

Цель представленной работы – характеристика листовой массы у этих видов древесных растений.

Для этого были обследованы посадки на магистральной улице (Сибирский тракт) Екатеринбурга. Все посадки располагались вдоль магистрали, плотность посадок – 160–180 экз./га. В природных условиях у этих видов преобладают многоствольные формы. В городских посадках это явление также присутствует, но нами отбирались растения с одним стволом. Изучение многоствольных форм – следующий этап. На основе сплошного перечета растений (диаметр у шейки корня и на высоте груди, фактическая высота, средний возраст, диаметр основания по проекциям кроны, высота штамба и санитарное состояние по трехбалльной шкале) были отобраны 7 модельных деревьев по каждому виду. Каждое модельное дерево раскряжевывали на 10 равных частей. Каждый отрезок ствола взвешивали и из них выпиливали кружки для определения запаса влаги в древесине. Кроме того, у деревьев с диаметрами менее 4 см ветви спиливали полностью, а у деревьев с большими диаметрами с каждого отрезка спиливали ветви, взвешивали их и брали среднюю навеску для определения показателей фитомассы кроны. Для определения листовой поверхности подсчитывалось количество листьев либо на всем дереве, либо на модельной ветви. Для определения площади бралось по 1000 шт. листьев от каждой исследуемой породы. Образцы, взятые для определения массы, высушивались в сушильных шкафах при $t = 104\text{ }^{\circ}\text{C}$ до абсолютно сухого состояния.

Полученные нами показатели приведены в табл. 1.

Структура фитомассы модельных деревьев

Диаметр, см	Ветви, г	Листья, г	Крона, г	Количество листьев, шт	Площадь 1 г листы, см ²	Площадь листовой поверхности, см ²
Боярышник						
2	74	40	114	105	18,02	720,8
4	842	413	1255	984	19,92	8226,96
6	1020	715	1735	1691	20,08	14357,20
8	1337	741	2078	1738	20,17	14945,97
10	1816	913	2729	2417	17,95	16388,35
12	2318	1710	4028	4423	18,30	31293,0
14	2044	1976	4020	4866	19,27	38077,52
Яблоня						
2	153	71	224	208	17,47	1027,37
4	441	293	734	733	16,96	4969,28
6	616	476	1092	1056	19,10	9091,60
8	1153	838	1991	1827	19,45	16299,10
10	1664	1059	2723	2710	16,57	17547,63
12	1971	1430	3401	3542	17,10	24453,0
14	2772	2096	4868	5059	17,58	36847,68
Клен						
2	107	72	179	281	17,53	2015,95
4	214	135	349	920	15,44	5126,08
6	348	163	511	2116	17,46	15085,44
8	356	224	580	3292	18,44	26166,36
10	520	326	846	5106	19,01	43095,67
12	584	314	898	5355	18,68	43748,56
14	618	401	1019	6184	19,35	54257,4
Рябина						
2	203	113	316	293	18,06	2040,78
4	472	339	811	916	17,33	5874,87
6	1033	793	1826	1982	18,71	14837,03
8	1925	1613	3538	3935	19,17	30921,21
10	2320	2237	4557	5206	20,07	44896,59
12	2557	2621	5178	6217	19,73	51712,33
14	2567	2734	5301	6533	19,57	53504,38

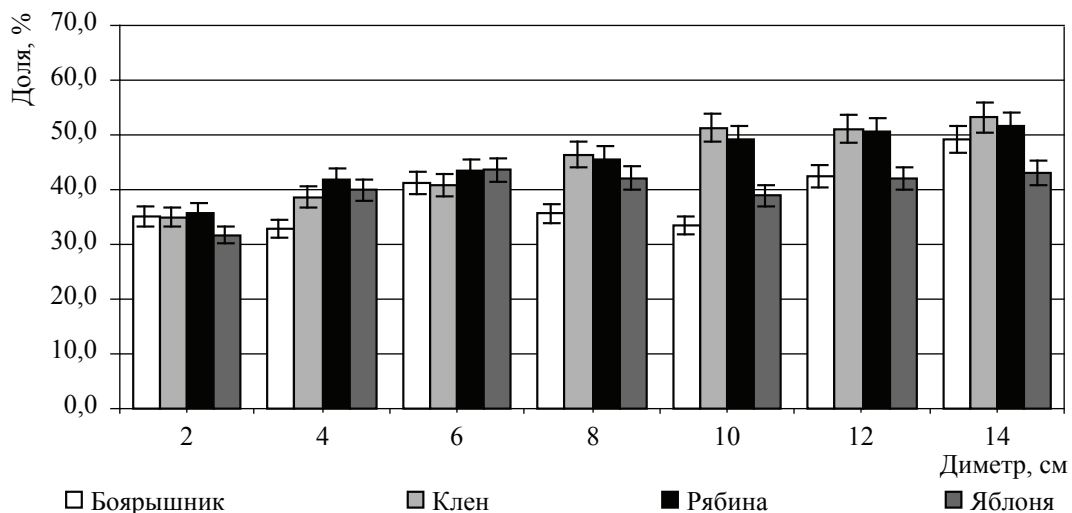


Рис. 1. Доля листьев от общей массы кроны у изученных растений в зависимости от ступеней толщины

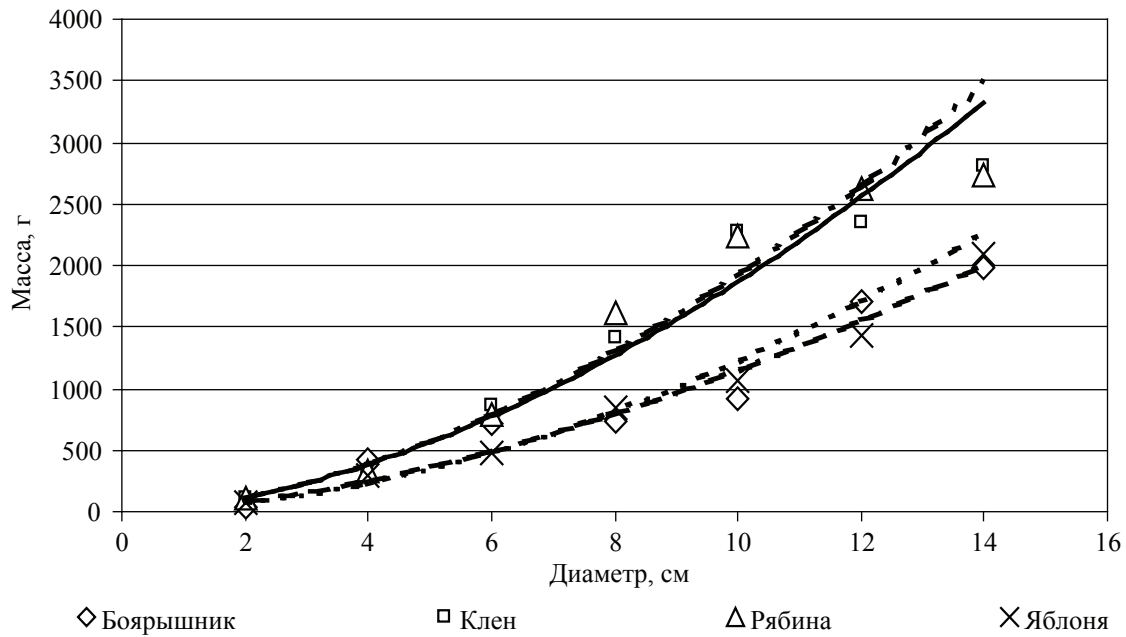


Рис. 2. Масса листьев изученных видов древесных растений

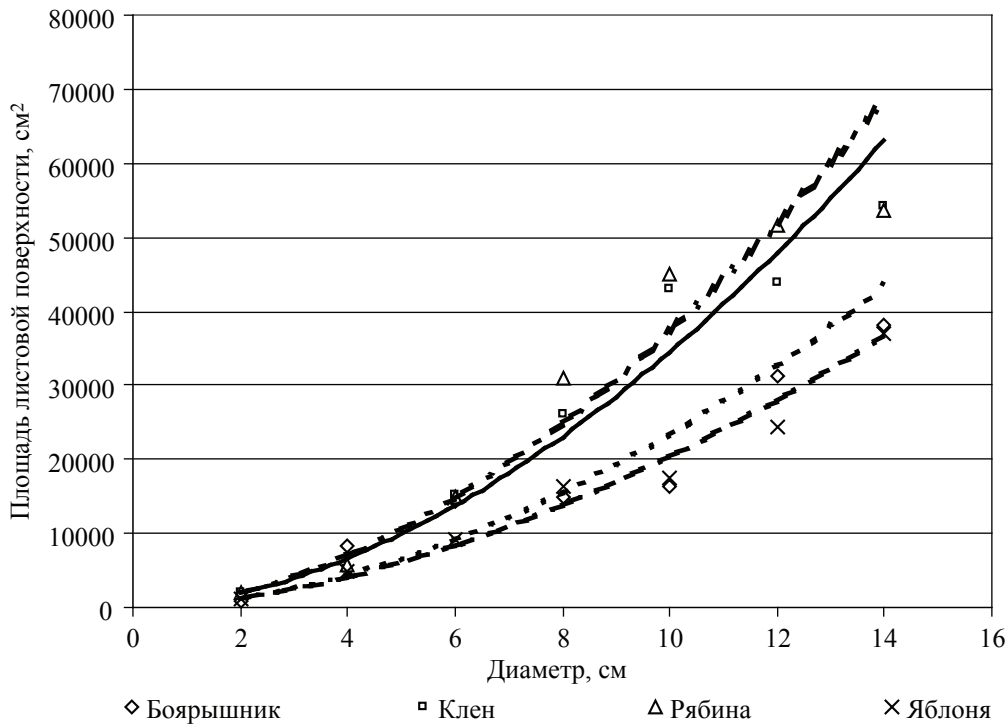


Рис. 3. Изменение площади листовой поверхности в зависимости от диаметра у исследуемых видов

На рис. 1 отражена доля массы листьев от общей массы кроны в абсолютно сухом состоянии.

Очевидно, что у боярышника и рябины масса листьев составляет почти половину массы кроны дерева уже после достижения таксационного диаметра 10 см, у боярышника – при диаметре 14 см, а у яблони масса ветвей всегда превышает массу кроны.

Масса листьев у всех исследуемых видов возрастает с увеличением диаметра ствола в несколько раз, зависимость на изученном возрастном этапе близка к степенной (коэффициент детерминации – 0,98–0,96).

На рис. 2. видно, что после достижения деревьями ступени толщины 6 см происходит распад на две группы: клен – рябина и яблоня – боярышник. С увеличением диаметра до

14 см (это в среднем 16–18 лет) масса листьев первой группы достигает 3,5 кг, тогда как второй – только 2 кг, что почти в два раза меньше.

Как уже упоминалось, не менее важный показатель экологической активности – листовая поверхность.

Установлено, что увеличение площади листовой поверхности происходит аналогично увеличению листовой массы, т.е. также выделяются две группы (рис. 3).

Для боярышника кроваво-красного характерно наличие меньшей листовой поверхности по сравнению с другими породами – около 4 м² при достижении диаметра 14 см, тогда как у рябины при том же диаметре ствола – уже около 7 м².

Результаты исследований позволяют сделать выводы.

Все изученные растения обладают значительной листовой массой, которая форми-

руется за довольно короткие сроки, за первые 10–15 лет, что делает эти виды экологически обоснованными для использования в озеленении городов.

Наилучшие показатели по изученным параметрам имеет рябина обыкновенная, затем идет клен ясенелистный, боярышник кроваво-красный и яблоня ягодная.

Библиографический список

1. Алексеев, А.С. Мониторинг лесных экосистем: учеб. пособие / А.С. Алексеев. – СПб.: ЛТА, 1997. – 116 с.
2. Боголюбов, А.С. Определитель деревянистых растений средней полосы России в весенне-летний период. /А.С. Боголюбов, О.В. Васюкова, О.В. Жданова и др. – М.: Экосистема, 2004.
3. Городская целевая программа «Экология и природные ресурсы города Екатеринбурга на 2006–2010 годы».
4. Колесников, А.И. Декоративная дендрология / А.И. Колесников. – М.: Лесная промышленность, 1974.

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

А.В. КАЛИТВЯНСКАЯ, *асп. каф. лесоводства УГЛТУ*

Сегодня, с ростом числа транспортных средств, автоматизации производства и повсеместной компьютеризации, как нельзя остро встала проблема рекреации (от латинского *recreation* – «восстановление сил человека»). Современный горожанин все больше удален от природы, лишен возможности дышать чистым воздухом, пить нехлорированную воду, питаться экологически чистыми продуктами. Кроме того, современная городская среда крайне агрессивна: нескончаемый шум моторов, суэта, вечная спешка – все это негативно сказывается на психике человека. Что же касается физического здоровья, то здесь все обстоит еще сложнее. В мегаполисе большая часть населения занята на работе, не связанной с какими-либо физическими нагрузками. Без дополнительных занятий спортом человек в городе лишен двигательной активности, необходимость которой заложена от природы. Как писал известный специалист, член-корреспондент Академии медицинских наук Г.И. Косицкий: «Природа приспособила нас к гигантским физическим нагрузкам,

но современная жизнь не требует умения им противостоять. Наоборот, она предрасполагает к гиподинамии, двигательной пассивности, и мышечная система, занимающая сорок процентов веса человеческого тела, ослабляет нервную и сердечно-сосудистую системы, которые ее обслуживают».

Что же может восполнить «дефицит», который создает образ жизни горожанина? Ответ напрашивается сам собой – активный отдых: передвижение в пространстве, новые впечатления, общение с природой.

К сожалению, даже в такой стране, как Россия с ее огромными территориями, сегодня остро стоит вопрос антропогенного воздействия человека на природу. Все меньше и меньше остается уголков природы, до которых еще не добралась человеческая деятельность. Лес вырубается, берега озер застраиваются базами отдыха и коттеджами. Это привело к тому, что природа в первозданном виде сохранилась только там, где человек сознательно оберегал ее от собственного воздействия, т.е. на особо охраняемых природных территориях (ООПТ).

Вот почему сегодня так много внимания уделяется развитию туризма в ООПТ как возможности сохранить связь человека с природой.

В связи с ростом интереса к экологическому туризму на плечи сотрудников ООПТ легла еще одна важнейшая задача – организация, внедрение и продвижение туристического продукта (т.е. ООПТ выступает как туроператор). В эту работу входит: выявление рекреационного потенциала; выявление целевых групп клиентов; выявление и привлечение партнеров по развитию туризма; создание системы мониторинга мнений клиентов; разработка стратегии рекламной деятельности и т.п. Но практика показывает, что большая часть ООПТ не в состоянии самостоятельно провести эту работу в силу отсутствия квалифицированных кадров и опыта работы по данному направлению. Долгое время экологический туризм в нашей стране носил стихийный самодеятельный характер, поэтому такая функция ООПТ, как рекреационная, выполнялась сама собой, практически без вмешательства в этот процесс администрации. Сейчас ситуация меняется коренным образом, появляется большой пласт потребителей, заинтересованных в данном виде отдыха, но не способных или не желающих организовываться самостоятельно. Растет спрос на туристические предложения экологического характера и растет значительно быстрее, чем предложения в этой сфере. ООПТ как производители туристического продукта, экологические туроператоры еще не выработали отлаженной схемы создания, внедрения и реализации туристического продукта. Самостоятельные же турфирмы не могут заниматься проектированием экологических туров, так как специфика этого вида туризма подразумевает научную составляющую, которая находится вне их компетенции. Поэтому туроператоры пока могут только включать в туры предложения, подготовленные национальными парками. Получается парадоксальная ситуация: одни могут, но не умеют, другие умеют, но не могут. И в связи со всем этим организованный туризм в ООПТ развивается медленно, слабо, стихийно.

Кроме того, существует ряд существенных проблем, связанных с различием в

статусе тех или иных особо охраняемых природных территорий.

Туризм в заповедниках. Вопрос о целесообразности организации туризма в заповедниках был поставлен в 70-х годах и до сих пор на него не нашли однозначного ответа. Одна часть научного сообщества склоняется к абсолютно закрытому статусу данного вида ООПТ, оперируя тем, что любая деятельность, даже щадящая, негативно отразится на природе. Противники, наоборот, склоняются к смене природоохранного статуса в силу изменений экономической ситуации в стране. Дискуссия, длящаяся более 30 лет, привела к тому, что был принят ряд документов федерального уровня, позволяющих проводить деятельность по организации туризма в буферной зоне заповедников.

Таким образом, заповедники получили возможность развивать туризм на собственной территории, но при этом данный вид деятельности не вменяется им в обязанность, т.е. быть или не быть туризму в заповеднике – это вопрос находится исключительно в компетенции его администрации. При этом можно отметить, что туризм на территориях заповедников развивается в крайне ограниченных масштабах, так как вся туристическая деятельность может разворачиваться только в буферной зоне.

Туризм в национальных парках. В отличие от заповедников национальным паркам туристическая деятельность вменяется в обязанность. Но учитывая, что национальный парк для России явление молодое, здесь также существует ряд существенных проблем. В первую очередь, это отсутствие развитой инфраструктуры, квалифицированных кадров, опыта работы с туристическими фирмами. Существуют проблемы в области законодательства. Кроме того, сеть национальных парков в стране не развита и не способна удовлетворить спрос на экологический туризм. По мнению заслуженного эколога РФ В.Б. Степаницкого, потенциал лишь национальных парков не сможет даже в перспективе удовлетворить потребности населения увидеть многообразие дикой природы в различных физико-географических регионах, при этом заповедников в стране в три раза

больше. Нет национальных парков в Арктике, на Дальнем Востоке и в дельте Волги, как и во многих других регионах, где уже существует развитая сеть заповедников.

Туризм в природных парках. В отличие от системы национальных парков, не пополнявшейся за последние 6 лет ни одним новым, сеть природных парков в последние годы развивается достаточно интенсивно и способна внести достойный вклад в развитие познавательного туризма. В то же время и здесь существует ряд существенных проблем, связанных с отсутствием централизованного финансирования. Кроме того, природные парки не являются хозяевами своей земли, что осложняет процесс заключения договорных отношений как с инвесторами и арендаторами, так и с туристическими фирмами.

Сегодня существует ряд проблем, тормозящих развитие познавательного туризма, являющихся общими и для заповедников, и для национальных парков России. К их числу можно отнести:

- отсутствие ощутимых экономических стимулов сотрудников ООПТ для развития познавательного маршрутного туризма;
- отсутствие в ООПТ специалистов по туризму (основную часть персонала составляют выпускники лесохозяйственных, биологических и т.п. специальностей);
- отсутствие четкой схемы ценообразования на туристический продукт ООПТ;
- отсутствие качественной инфраструктуры, подъездных путей, дорожно-тропиночной сети, т.е. отсутствие комфорта;
- существенная проблема – недостаток информации. Лишь немногие заповедники и национальные парки могут похвастаться собственным Интернет-сайтом. Реклама для ООПТ – дорогостоящее удовольствие, которое может позволить далеко не каждый. А специальной статьей в бюджете эти затраты не предусмотрены;
- кроме того, существует проблема, связанная с управлением ООПТ, связанная с отсутствием специализированной государственной службы, предназначенной и способной осуществлять управление такими территориями (по аналогии со Службами национальных парков США, Канады или Южной Африки).

Для решения существующих проблем по использованию рекреационного потенциала ООПТ в целях организации природоориентированного туризма, на наш взгляд, необходимо:

- создать дифференцированную систему управления ООПТ России с концентрацией управления объектами федерального уровня, и в первую очередь природными заповедниками и национальными парками, в полномочном и самостоятельном правительственном органе, ведомственными – в структурах соответствующих организаций, региональными и местными – в специальных структурах субъектов федерации;
- разработать методические основы, унифицирующие главные механизмы организации туристической деятельности в ООПТ (система создания и сертифицирования экологических троп, визит-центров и т.п.);
- создать систему материальных стимулов для руководителей и специалистов, эффективно работающих в области развития экотуризма;
- создавать в ООПТ отделы по туризму, с привлечением специалистов в данной области;
- создать курсы повышения квалификации для сотрудников ООПТ по проектированию туристического продукта, ведению экскурсионной, PR и рекламной деятельности;
- содействовать развитию сопутствующего туризму малого бизнеса (в частности, на законодательном уровне);
- создать справочно-информационную систему по природным и историко-культурным достопримечательностям, маршрутам и турам, сервисному обеспечению туризма, а также единый базовый пакет соответствующих информационно-рекламных материалов;
- активно развивать деятельность по модернизации и созданию инфраструктуры как основы любой туристической деятельности;
- содействовать налаживанию партнерских отношений ООПТ с туристическими фирмами и инвесторами.

Отметим очень важное обстоятельство, на которое должны обратить внимание сторонники закрытого статуса ООПТ. Раз-

витие туризма в ООПТ – это не только социальная необходимость, но и достаточно значимый аспект экономического благополучия. Если природные заповедники должны быть, безусловно, освобождены от экономических функций и находиться на бюджетном финансировании (их экономическая эффективность определяется только по косвенным показателям), то уже, начиная с национальных парков, приходится заботиться о тех или иных не разрушительных для природной среды формах эксплуатации природных, социальных, историко-культурных ресурсов. Без этого, как свидетельствует мировой опыт, невозможно развивать систему ООПТ в силу нехватки государственного финансирования.

Библиографический список

1. Борисов, В.А. Охраняемые природные территории мира. Национальные парки, заповедники, резерваты / В.А. Борисов, Л.С. Белоусова, А.А. Винокуров: Справочник. – М.: Агропромиздат, 1985. – 310 с.
2. Дежкин, В.В. Категории и задачи охраняемых природных территорий России (к обновленной концепции заповедного дела) / В.В. Дежкин // Сб. научных трудов МНЭПУ. Вып. 1. – М.: Изд. МНЭПУ, 1999. – С. 103–127.
3. Степаницкий, В.Б. Экологический туризм на особо охраняемых природных территориях России: проблемы и перспективы. Доклад на Международной конференции «Инновационная политика в сфере сохранения культурного наследия и развития культурно-познавательного туризма». 25–27.11.2005 / В.Б. Степаницкий // Эл. журнал BIODAT, 2005 // <http://www.biodat.ru/>.

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ И ПРАВОВОЕ ОБОСНОВАНИЕ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ ОБЪЕКТОВ НА ЗАБОЛОЧЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

К.И. ЛОПАТИН, *ген. директор СибНИПИРП, канд. с.-х. наук*

На территории Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО) высокая аварийность объектов нефтегазового комплекса связана, вероятно, с ошибками при принятии проектных решений, несовершенством нормативных документов, регулирующих строительство на болотах, либо несоблюдение самих строительных правил и норм. Вместе с тем, «плавающие» трубопроводы, неустойчивые и размываемые основания площадных сооружений являются объектами с весьма высоким риском аварийности [2, 8].

Анализ и оценка особенностей инженерно-геологических условий строительства на болотах ХМАО позволяют принимать оптимальные решения по размещению объектов обустройства в различных ландшафтных условиях, что будет способствовать снижению их аварийности и, в конечном счете, снижению значительных финансовых затрат по поддержанию их в рабочем и экологически безопасном состоянии [8].

Помимо экологической обоснованности технических решений, при проектировании объектов нефтегазового комплекса,

размещаемых на территории ХМАО, должны учитываться динамика природных процессов и потенциальные возможности самовосстановления природных экосистем [1, 6].

Основным господствующим компонентом ландшафтов территории Ханты-Мансийского автономного округа являются болотные системы, во многом определяющие все гидрологические и физико-географические процессы. В этой связи очень важно иметь возможность расчета предельных состояний этих систем и оценки допустимых масштабов воздействия, за пределами которых могут возникать уже необратимые процессы распада систем и изменение территории.

При освоении нефтегазовых месторождений ХМАО сравниваются относительные экологические риски воздействия на лесные и болотные системы [2]. В сырьевом аспекте болота можно считать более «дешевой» экосистемой. Вместе с тем анализ суммы последствий воздействий, их продолжительности и глубины показывает, что болота в целом более «ранимы», чем лесные экосистемы с экологической, а часто и с экономи-

ческой точек зрения, если считать затраты на рекультивацию болот, их водорегулирующие, рекреационные, газодепонирующие и другие естественные функции [4].

Обоснованием картографического обеспечения размещения нефтепромысловых объектов на заболоченных территориях ХМАО прежде всего являются ресурсосберегающие и экологические требования к размещению объектов, проблемы выделения водоохраных зон болот и создание системы торфяных целевых фондов, включая сохраняемый фонд. Анализ этих вопросов позволит установить основные принципы размещения и картографического проектирования техногенной среды.

Ресурсосберегающие и экологические требования к размещению объектов

В результате застройки и песчаной засыпки торфяных болот линейными и площадными производственными и вспомогательными сооружениями и др. объектами прекращается доступ к торфяным отложениям как полезному ископаемому, нарушаются естественные функции болотных экосистем и природных ландшафтов [1].

Существенным фактором при проектировании обустройства нефтяных месторождений на заболоченных территориях является недооценка реальной экономической и экологической ценности этих территорий. Это объясняется сложностью стоимостной оценки природной экосистемы – торфяное болото. Мнимое отсутствие цены у многих компонентов болот приводит при хозяйственной деятельности к их деградации. Как результат – торфяные болота с находящимися в них природными ресурсами оказались неконкурентоспособными по сравнению с лесными ресурсами и нефтедобывающей промышленностью. Торфяные залежи являются недрами, и их утрата или нарушение ведет к социально-экономическим рискам, отражающим ухудшение окружающей среды.

Очевидно, что при отсутствии или занижении экономической оценки болот в различных вариантах размещения нефтепромысловых объектов, при разработке разделов оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС), вариант размещения на торфяных болотах нерационален вследствие:

- занижения стоимости упущенной выгоды от использования ресурсов торфяных болот;

- недооценки экологических рисков при различных вариантах размещения объектов обустройства нефтяных месторождений на торфяных болотах;

- занижения экологического ущерба при нарушении естественных функций болот.

При расчете эколого-экономической оценки ресурсного потенциала заболоченных территорий целесообразно использовать их следующие компоненты и функции:

- торф как полезное ископаемое;

- газорегулирующая функция болот по депонированию углекислого газа и регенерации кислорода болотной растительностью в процессе фотосинтеза, выраженная через содержание углерода в органической массе торфа;

- водорегулирующая роль торфяных болот за счет аккумулирующих свойств торфа, позволяющих ему накапливать, а затем постепенно отдавать объемы воды;

- водоочистительная функция торфяного болота как биогеохимического барьера.

Оценка торфяных ресурсов включает стоимость извлекаемых запасов торфа как товарного сырья независимо от срока эксплуатации и за вычетом затрат (производственных, обязательных выплат в бюджеты различных уровней и др.) на его добычу, транспортировку и реализацию. Оценка ресурсов торфяных месторождений либо их участков производится из расчета стоимости 1 га территории, содержащей балансовые запасы торфа. Например, по данным, полученным А.Л. Ямпольским, стоимость безвозвратно потерянных торфяных ресурсов в пересчете на 1 га застроенной поверхности торфяной залежи в пределах 50–300 тыс. руб., в зависимости от качественных характеристик торфяного сырья и их величины. Стоимость ущерба на 1 га заболоченной территории (без торфа, мелкозалежные окраины торфяных месторождений) будет меньше на эту величину.

В основу предлагаемых природоохранных требований по размещению и эксплуатации нефтепромысловых объектов на нелесных

землях лесного фонда (болотах) ХМАО положены следующие требования нормативно-правовых актов Российской Федерации:

- предварительная геолого-экономическая оценка ресурсов торфа до освоения (Закон РФ «О недрах» от 03.03.1995 г. с изменениями от 10.02.1999 г., 02.01.2000 г., 14.05.2001 г., 08.08.2001 г., 29.05.2002 г.);

- альтернативный выбор варианта размещения инженерного объекта и оценка предполагаемого экологического ущерба для болотных экосистем.

Разработка проектов ОВОС обустройства нефтяных месторождений должна повлиять на принятие решений по размещению нефтепромысловых объектов на заболоченных территориях. Анализ территорий лицензионных участков, выделенных для добычи нефти, показывает, что нефтепромысловые объекты расположены на землях:

- лесных – 5 710 332 га (41,7 %);
- заболоченных – 6 527 273 га (47,7 %);
- пойменных – 1 122 273 га (8,2 %).
- открытых водных объектов (реки, озера) – 320 396 га (2,4 %).

Заболоченные территории лицензионных участков подразделяются на:

- торфяные залежи в промышленных границах, имеющие утвержденные запасы или ресурсы торфа – 3 419 780 га (52 %);
- внутриболотные суходолы, покрытые лесами – 530 521 га (8,4 %);
- внутриболотные озера – 969 914 га (15,3 %);
- мелкозалежные крайки торфяных месторождений (глубиной до 1 м), малоконтурные и мелкозалежные болота – 1 607 358 га (24,6 %). Эта категория земель является оптимальной территорией для размещения объектов нефтедобычи с точки зрения строительства и рационального природопользования. Несущая способность их легко просчитывается, а основания инженерных сооружений на них более устойчивы в сравнении с мощными торфяными отложениями.

При этом существует линейная зависимость между площадью лицензионного участка и степенью его заболоченности, составляющей от 0 до 90 % (рисунок). В среднем доля заторфованной территории составляет около 40 %.

При проектировании обустройств нефтяных месторождений на заболоченных территориях ХМАО необходимо предусматривать опережающее проведение специальных геологоразведочных работ на торф с целью определения нулевых и промышленных границ торфяных залежей, гидрогеологических условий их развития и уточнения качественных характеристик торфа, что позволит проектным организациям принимать более рациональные ресурсосберегающие решения по размещению нефтепромысловых объектов.

Согласно ст. 25 Закона РФ «О недрах» и соответствующего ей положения «О порядке выдачи разрешений на застройку площадей залегания полезных ископаемых» позволяют производить застройку площадей залегания месторождений полезных ископаемых (МПИ), включая прогнозно-оцененные, только при условии возможности их извлечения или доказанности экономической целесообразности их застройки. При этом необходимо компенсировать ущерб от безвозвратной потери ресурсов согласно ст. 77 Федерального закона от 10 января 2002 г. «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ.

Большинство техногенных факторов нефтегазового комплекса воздействует достаточно быстро, и все биогеоценозы становятся в разной мере нарушенными, требующими длительного восстановления. Опасность любого техногенного воздействия заключается в том, что его отрицательные последствия могут выйти за пределы нарушенного природного объекта и нанести ущерб другим экосистемам, находящимся в единой функциональной цепи. Мероприятия, направленные на недопущение распространения воздействия за пределы источника негативного влияния, не всегда учитываются при существующих методах размещения и функционирования техногенных объектов.

Водоохранные зоны заболоченной территории ХМАО

Существующая методика выделения водоохранных зон, как показывает опыт освоения заболоченной территории Западной Сибири, имеет существенные недостатки, на что регулярно указывают специалисты, изучающие торфяные болота [1].

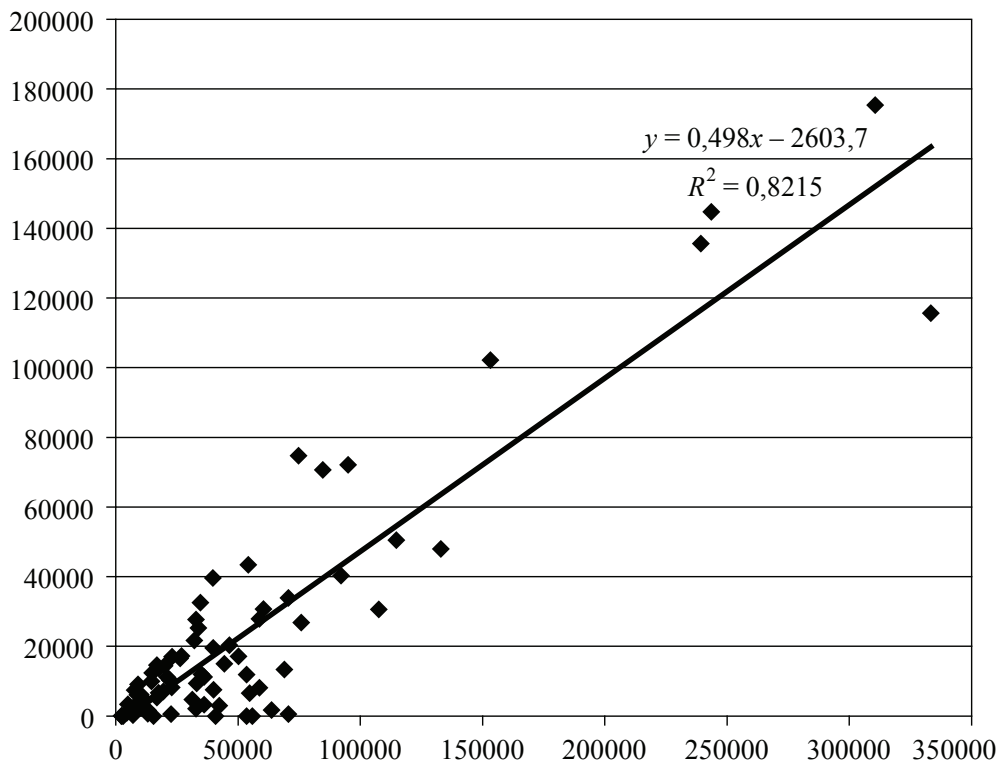


Рисунок. Связь между площадями лицензионных участков (горизонтальная ось) и их заторфованность (вертикальная ось), в га

Главная проблема определения водоохраных зон состоит в высокой степени заболоченности территории. Непрерывный контур, проведенный по нулевой границе торфяной залежи болот, охватывает практически все болота ХМАО, занимающие сотни кв. км, в пределах которых ограничивается или запрещается хозяйственная деятельность. В результате при построении карт размещения техногенной среды в этих условиях возникает необходимость более точного понимания сущности понятия болота и его границ, а также принципов их выделения в условиях ХМАО.

В соответствии со ст. 11 Водного кодекса РФ от 16 ноября 1995 г. № 167-ФЗ болота являются водными объектами и требуют организации водоохраных зон. Следовательно, на 100 % площади болот (а соответственно и площади всех торфяных месторождений) должны вводиться соответствующие их водоохранному статусу ограничения хозяйственной деятельности, что делает абсурдным саму идею водоохраных зон в этих условиях.

В соответствии с постановлением Правительства РФ «О водоохраных зонах

водных объектов и их прибрежных защитных полосах» от 26 ноября 1996 г. № 1404 выделение водоохраных зон вокруг болота выполняется в соответствии с принципами выделения таких зон вокруг озер. Но вызывает сомнение повсеместное «уравнивание» при выделении охранных зон вокруг внутриболотных озер независимо от их гидрологического режима и проточности. Если вопрос выделения водоохраных зон вокруг сточных и проточных озер любого размера решается однозначно, то по отношению к замкнутым водоемам критерии ширины водоохранной зоны могут быть иными или отсутствовать. Поэтому и для конкретного болота выделение водоохранных зон должно базироваться только на учете присущих данному ландшафту особенностей функционирования и его пространственных связей с другими природными системами. Прежде всего, здесь следует согласиться с В.Н. Седых [9], что болота являются своеобразными природными образованиями, а структура болотных массивов состоит из множества разнообразных болотных элементов, различающихся происхождением, строением и функционированием.

Каждое из болот участвует в формировании стока в водосборном бассейне, но доля участия различна. В частности, верховые болота в условиях сосново-кустарничково-сфагновых и кустарничково-сфагновых микроландшафтов обеспечивают минимальный вклад в обеспечение стока, связывая значительную долю атмосферных осадков. В свою очередь, низинные евтрофные и мезотрофные болота, расположенные в поймах рек на надпойменных террасах, и верховые болота с грядово-мочажинно-озерковыми комплексами (транзитные топи) способствуют стоку болотных вод в речную сеть. В третьих – при установлении ширины водоохраных зон не учтены огромные сорбционные и водовмещающие свойства торфов. В четвертых – на территории ХМАО открытые болота и заболоченные леса занимают около 40 % всей площади и, следовательно, на всей этой территории необходимо ввести ограниченный режим хозяйственной деятельности.

Предлагается сформировать целевые по использованию торфяные фонды, включая фонд охраняемых болот. В результате предлагается выделять водоохраные зоны болот, которые входят в этот фонд.

Субъекты недропользования, планирующие застройку торфяных болот, не входящих в сохраняемый торфяной фонд, обязаны пройти экологическую экспертизу с согласованием в территориальном органе управления фондом недр, с выявлением негативных последствий хозяйственной деятельности конкретного объекта и определением условий водопользования на заболоченных территориях в соответствии со ст. 3 Закона РФ «Об охране окружающей природной среды».

Сохраняемый фонд торфяных болот

Составление справочника торфяного фонда обеспечивается картами целевого использования торфяных болот [4]. Эта карта или группа карт в составе ГИС позволит значительно упростить реализацию проектов обустройства нефтепромыслов и проектирование новых, что совместимо с концепцией дистанционного мониторинга [5, 11]. При

этом фонд сохраняемых торфяных болот является основой экологического «каркаса» данной территории. Это карта является геоэкологической или эколого-ресурсной [7].

К сохраняемому фонду планируется отнести торфяные болота, расположенные на территориях, имеющих определенные ограничения или запрет хозяйственной деятельности в соответствии со статусом этих территорий постановлениями органов государственной власти РФ или субъекта Федерации, если иное не будет определено законом.

При решении вопроса об установлении охранного режима для каждого конкретного торфяного болота необходимо учитывать степень заторфованности территории в целом, количественное соотношение и общую площадь торфяных месторождений, геоморфологические условия, направленность болотообразовательных процессов.

Очевидно, что экономические интересы страны и региона заставляют органы государственной власти принимать в виде исключений непопулярные решения по разрешению нефтедобычи на территориях экологически ценных ландшафтов. Но в этом случае, при проектировании объектов обустройства нефтепромыслов на территориях, имеющих статус сохраняемых, необходимы особые защитные мероприятия и проектные решения по максимальному сохранению их биосферных функций (например, строительство на платформах и эстакадах, безамбарная технология бурения и т.д.).

В соответствии с ст. 2 Федерального закона от 14 марта 1995 г. «Об особо охраняемых природных территориях» (с изменениями от 30 декабря 2001 г.) выделяется несколько категорий таких территорий. Из них в Ханты-Мансийском округе в настоящее время представлены заповедники, заказники, природные парки и памятники природы. К особо охраняемым территориям относятся земли, которые имеют особое природоохранное, научное, историко-культурное, эстетическое, рекреационное, оздоровительное иное ценное значение и которые изъяты в соответствии с постановлениями органов государственной власти.

Учитывая статус особо охраняемых природных территорий (ООПТ) и существующие ограничения по хозяйственной деятельности на них, рекомендуется месторождения торфа либо их участки, территориально совмещенные с ООПТ, отнести к неразрабатываемому (сохраняемому) фонду.

В соответствии со ст. 86 Земельного кодекса РФ о пригородных зонах от 25 октября 2001 г. № 136-ФЗ (с изменениями от 30 июня 2003 г.) и ст. ст. 44, 52, 61 Закона РФ «Об охране окружающей природной среды» об установлении защитных и охранных полос за пределами черты городских поселений и охране зеленого фонда поселений могут выделяться земли, которые выполняют санитарные, санитарно-гигиенические и рекреационные функции.

Болотные массивы, действуя как биогеофильтры для загрязняющих веществ (сорбция пыли, сажи, радиоактивных веществ, тяжелых металлов, патогенной микрофлоры), имеют огромное экологическое значение для городов и их «зеленых» зон. В границах «зеленых» зон запрещается хозяйственная и иная деятельность (в том числе добыча торфа и других полезных ископаемых на болотах), оказывающая негативное (вредное) влияние на окружающую среду. К зонам отчуждения, имеющим рекреационное и санитарно-гигиеническое значение, согласно существующим рекомендациям [12] относятся торфяные болота, примыкающие к населенным пунктам с численностью населения до 20 тыс. чел. в радиусе 5 км, до 100 тыс. чел. – 10 км и более 100 тыс. чел. – 25 км. При наличии в городе предприятий химической промышленности защитная зона увеличивается на 25 %. Вблизи сельских населенных пунктов, детских лагерей отдыха, курортов и других оздоровительных объектов сохраняются болотные массивы в радиусе 1 км. Такие болотные массивы также подлежат отнесению их к сохраняемому фонду.

Торфяные болота, осуществляющие водорегулирующую роль на водоразделах и в поймах рек, имеют лентовидную форму, нередко разветвленную; длина их до нескольких километров, ширина от десятков до сотен метров. Для них характерны глубокие торфя-

ные низинные и переходные залежи, средние мощности которых превышают два-три метра. Зачастую из месторождения вытекают ручьи и малые реки. В данном случае месторождения нейтрализуют действия водной эрозии, обеспечивают устойчивость водораздельно-склоновых участков. Таким образом, учитывая требования ст. 13 Земельного кодекса РФ о защите земель от водной эрозии и иных негативных воздействий, в результате которых происходит деградация земель, а также ст. 65 Водного кодекса РФ и Положения о водоохранных зонах водных объектов и их прибрежных защитных полос предлагается выделить в сохраняемый фонд торфяные месторождения с неустойчивыми и легко разрушаемыми формами рельефа.

Такие месторождения выделяются на территории Салымо-Юганского района торфо-накопления (административные районы Сургутский, Нижневартовский, Нефтеюганский).

Малоконтурные и мелкозалежные торфяные месторождения, расположенные в пределах лесных массивов, являются местными аккумуляторами влаги. При этом разработка месторождения торфа с незначительной глубиной или площадью распространения торфяной залежи, не представляя особого экономического интереса с точки зрения собственно торфодобычи, в то же время приводит к существенному нарушению водного баланса территории в процессе технологического осушения таких месторождений. Это позволяет также отнести эти болота к сохраняемому фонду.

Участки, оптимальные для расположения объектов нефтедобычи

Малоконтурные и мелкозалежные торфяные месторождения вне лесных массивов вместе с окраинами болот являются оптимальными участками территории широкого освоения и заболоченности. Они достаточно легко определяются по картам и дистанционным данным. В качестве примера можно привести фрагмент территории одного из лицензионных участков добычи нефти, на котором планируется строительство соответствующей инфраструктуры, с проектом альтернативного варианта застройки территории. Альтерна-

тивный вариант, кроме вышеперечисленных условий застройки, включает результаты следующего анализа.

Одной из главных причин высокой аварийности на продуктопроводах является недооценка инженерно-геологических факторов при строительстве и ее последствия. При необходимости размещения инженерных объектов в пределах торфяных залежей следует учитывать, что физико-механические свойства торфяных грунтов (оснований сооружений) зависят от степени разложения, зольности, влажности, видового (ботанического) состава торфа, температурного режима и др. показателей, т.е. в конечном счете от типа микроландшафтов и видов торфяной залежи.

Высокая пористость различных видов торфа определяет их большую сжимаемость. Высокая сжимаемость - отличительная особенность торфа. Она в десятки и сотни раз превышает сжимаемость минеральных грунтов. А.И. Сергеев [10] по величине сжимаемости (коэффициенту уплотнения) для Среднего Приобья выделяет три категории видов торфа: сильно сжимаемые ($a = 0,1ч1,0$ см /кг), очень сильно сжимаемые ($a = 1,0ч10$ см²/кг) и чрезвычайно сильно сжимаемые ($a > 10$ см²/кг).

Обращает внимание факт, что предлагаемые различные типизации торфяных оснований не учитывают таких специфичных микроландшафтов торфяных болот, как внутриболотные суходолы, внутриболотные водоемы и участки торфяных болот (торфяных месторождений) между нулевыми и промышленными границами залежи – от 0 до 0,9 м. Суходолы входят в состав болот и сложены минеральными грунтами, отличными по несущим свойствам от торфяных оснований. Размещение различных инженерных объектов в границах внутриболотных водоемов требует принятия специфичных проектных решений. Выделение же участков торфяных болот с нулевой границей глубины залежи обусловлено тем, что при прокладке магистральных трубопроводов и насыпных дорог последние могут укладываться в траншеи на минеральное дно, которое имеет достаточно статичное основание. Подобный принцип рекомендуется строительными нормативными документами (ВСН 004-88 п. 4.41).

С учетом вышеизложенного необходимо, помимо ранее выделенных трех типов оснований, выделить еще три типа: внутриболотные суходолы, внутриболотные водоемы и торфяные месторождения с нулевой границей глубины залежи.

Таким образом, предлагаемый принцип типизации поверхности болотных ландшафтов будет отражать как несущие свойства оснований, так и гидрологический режим, а также условия строительства для различных объектов.

Такой принцип ранжирования заболоченных территорий позволит более корректно (с большей степенью достоверности) производить типизацию площадей по условиям их застройки.

В результате приоритетность заболоченных территорий с точки зрения размещения различных объектов обустройства по инженерно-геологическим признакам распределилась следующим образом:

- весьма неблагоприятные – микроландшафты I типа с несущей способностью торфяных массивов $< 0,1$ кг/см² и внутриболотные водоемы. Необходимо осушение торфяного массива. Строительство без осушения производится на сваях, эстакадах, платформах, опирающихся на минеральное дно;

- неблагоприятные – микроландшафты II типа с несущей способностью торфяных массивов $0,1-2,5$ кг/см² Необходимо осушение торфяного массива на отдельных участках, имеющих свойства микроландшафтов I типа (мочажины, топи). Размещение инженерных объектов на таких участках без осушения залежи производится на условиях микроландшафтов I типа. На остальной территории данного класса строительство производится с укреплением оснований – насыпка песчаных насыпей, устройство лежневых платформ и др. Рекомендуется размещение магистралей в теле общей насыпи;

- условно благоприятные – микроландшафты III типа с несущей способностью торфяных массивов $> 2,5$ кг/см². Строительство производится с укреплением оснований на условиях микроландшафта II типа, осушения не предусматривается;

- благоприятные – микроландшафты с глубиной торфяной залежи $0,0-0,9$ м и

устойчивым минеральным дном с несущей способностью 3,0–4,0 кг/см² и более (по терминологии ГОСТ 21123-85 «Торф. Термины и определения» участки торфяной залежи между нулевой /выклинивание/ и промышленной /0,9 м/ границами). Строительство производится с укреплением оснований на отдельных участках либо погружением оснований инженерных сооружений на минеральное дно, осушения не предусматривается;

– весьма благоприятные – внутриболотные суходолы с несущей способностью 3,0–4,0 кг/см² и более. При размещении инженерных объектов не предусматривается специальных мероприятий по осушению массивов и укреплению оснований.

Разработанная система оценок детализирует многие классификации такого рода, например указанные в работе [7].

Библиографический список

1. Березин, А.Е. Особенности ведения нефтедобычи на высокозаболоченных территориях / А.Е. Березин, В.А. Базанов, А.С. Ксенц // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО. Т. 2. (VIII научно-практическая конференция). – Ханты-Мансийск, 2005. – 500 с.
2. Камышев, А.П. Методы и технологии мониторинга природно-технических систем Севера Западной Сибири / А.П. Камышев. – М.: ВНИПИГАЗДОБЫЧА, 1999. – 230 с.
3. Камышев, А.П. Эколого-правовой режим охраны природных ресурсов и объектов окружающей среды: учеб. пособие / А.П. Камышев, Э.С. Цховребов. М.: МОФ Московского Университета МВД России, 2004. – 120 с.
4. Концепция охраны и рационального использования торфяных болот России. – Томск: ЦНТИ, 2005. – 76 с.
5. Корниенко, С.Г. Проблемы и перспективы использования аэрокосмической информации в нефтегазовой отрасли / С.Г. Корниенко, П.А. Василенко, В.М. Еремин и др. // Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности. Вып. 2. – М.: ГЕОС, 2002. – 450 с.
6. Мазур, И.И. Инженерная экология. Общий курс: В 2 т. Теоретические основы инженерной экологии: Учебное пособие для вузов / И.И. Мазур, О.И. Молдавнов, В.Н. Шишлов – М.: Высшая школа, 1996. – Т. 1. – 637 с.
7. Марчуков, В.С. Ресурсно-экологическая картография / В.С. Марчуков, С.А. Сладкопевцев. – М.: МИИГАиК, 2005. – 196 с.
8. Ревзон, А.Л. Природа и сооружения в критических ситуациях. Дистанционный анализ / А.Л. Ревзон, А.П. Камышев. – М.: Триада, Лтд, 2001 – 208 с.
9. Седых, В.Н. Экологически опасные зоны на лесоболотных территориях нефтегазового комплекса Западной Сибири / В.Н. Седых // Нефтепромышленное хозяйство, 2002. – № 3.
10. Методика инженерно-геологического изучения торфяных массивов / А.И. Сергеев. – М.: Наука, 1974. – 135 с.
11. Сладкопевцев, С.А. Картографическое обеспечение экологического мониторинга нефтегазоносных районов Западной Сибири / С.А. Сладкопевцев, О.К. Кадетов, В.В. Кравцов // Изв. ВУЗов, геодезия и аэрофотосъемка. – 1996. – № 5–6.
12. Тановицкий, И.Г. Заповедники и заказники на торфяных месторождениях БССР / И.Г. Тановицкий. – Мн.: Наука и техника, 1983. – 102 с.

СОСТОЯНИЕ НАСАЖДЕНИЙ ДЖАБЫК-КАРАГАЙСКОГО БОРА В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

Н.А. ЛУГАНСКИЙ, *проф. каф. лесоводства УГЛТУ, д-р с.-х. наук*

Л.П. АБРАМОВА, *доц. каф. лесоводства УГЛТУ, канд. с.-х. наук,*

С.В. ЗАЛЕСОВ, *проф. каф. лесоводства УГЛТУ, д-р с.-х. наук*

Фиксируемые в последние десятилетия изменения климата свидетельствуют об усилении аридности засушливых районов. Многие виды лесной растительности, произрастающие на южных границах своего ареала, теряют устойчивость, что приводит к сокращению биоразнообразия. Не является исключением в этом плане и Джабык-Карагайский бор – форпост сосновых лесов на Южном Урале, расположенный в степной

зоне. Особенности расположения бора, его экологическое, лесоводственное, геоботаническое, социальное, климаторегулирующее и экономическое значения имеют не только локальный, но и региональный масштабы.

Нами проанализированы климатические особенности Джабык-Карагайского бора на основании данных ближайшей к нему Карталинской метеостанции. Анализ показал, что за 72-летний период (с 1933 по 2005 г.) средне-

годовая температура составила 2,6 °С. Представленный рис. 1 можно условно разделить на две части. Первая часть – до 1970 г., имеет среднегодовые температуры преимущественно ниже нормы (здесь и далее за норму принято среднее значение показателя за 72-летний период наблюдений). В этой части значения средних годовых температур, ниже многолетней нормы на 50 %, встречаются в 19 % случаев. Вторая часть – с 1970 г., представлена преимущественно среднегодовыми температурами выше нормы, здесь значения средних годовых температур, превышающих многолетнюю норму на 50 %, зафиксированы в 25 % случаев. При этом за анализируемый период произошло повышение среднегодовой температуры относительно нормы на 1,3 °С. Анализ средних температур самого холодного и самого теплого месяцев также позволяет отметить тенденцию к потеплению климата. Январь – самый холодный месяц года. Морозы достигают –35–40 °С. Многолетняя средняя температура января –15,0 °С. Проследив динамику изменения средней температуры самого холодного месяца в году, можно отметить, что в последние годы произошло повышение средней температуры января на 15 % относительно нормы. Абсолютно четко прослеживаются тенденция потепления зимы. За наблюдаемый период

сумма отрицательных температур относительно нормы снизилась более чем на 10 %. Четкого разделения на теплые и холодные периоды не наблюдается. Как правило, холодная зима сменяется теплой и наоборот. В малоснежные зимы высота снежного покрова не превышает 5 см, а промерзание почвы достигает 195 см. Такие экстремальные условия крайне неблагоприятны для древесных растений. У них может наблюдаться выжимание и разрыв корневых систем. У молодых растений возникает опасность вымерзания или подмерзания корневых систем. В большей степени это проявляется на мелких каменистых почвах. В самый теплый месяц года июль многолетняя средняя температура составляет 19,6 °С. Отклонения от нормы не превышают 21 %. Динамика изменения средней температуры июля показывает рост от нормы на 2 % за период с 1933 по 2005 г.

В табл. 1 приведены основные статистические параметры температуры и осадков за анализируемый период. Материалы таблицы свидетельствуют, что наименьший коэффициент вариации температуры наблюдается с мая по сентябрь. Последнее позволяет констатировать сравнительно небольшое варьирование среднемесячных температур в течение вегетационного периода. Такое постоянство очень важно для процессов лесовосстановления.

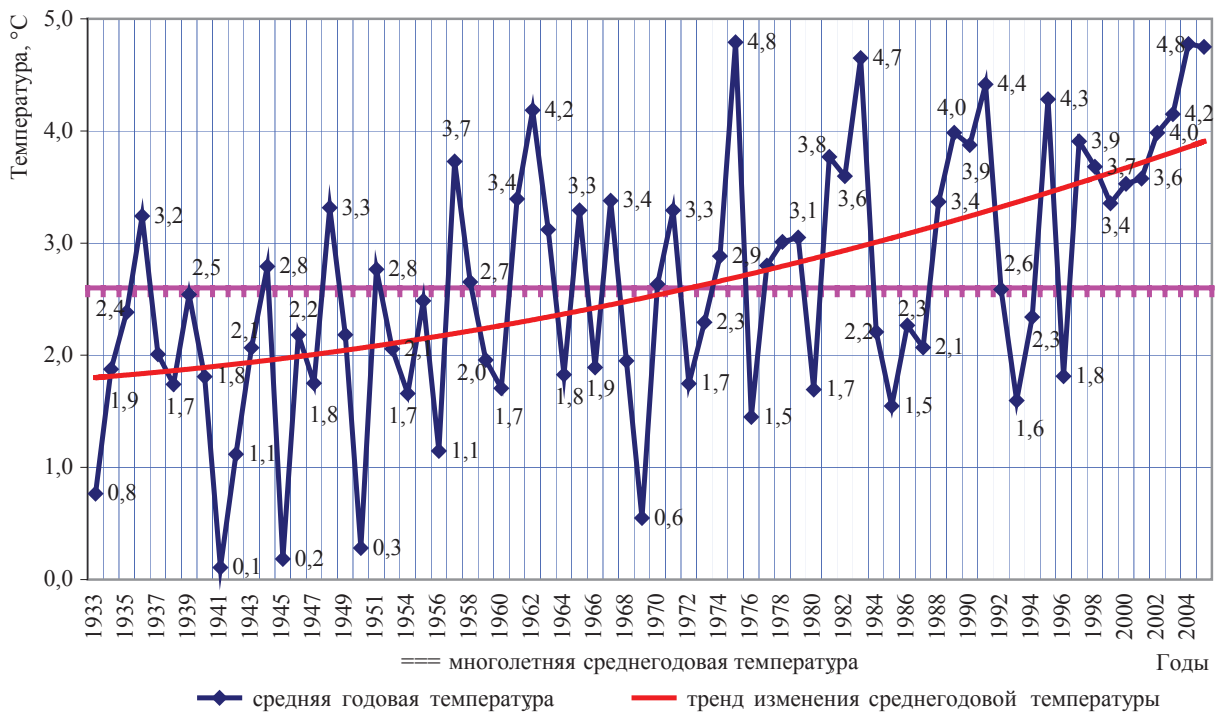


Рис. 1. Средняя годовая температура

Основные статистические параметры значений температуры и осадков за анализируемый период

Показатель	Месяц												За год
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	
Температура													
Средняя арифметическая (M), °C	-15,0	-14,3	-7,8	4,5	13,0	18,0	19,6	17,3	11,4	3,1	-6,0	-12,3	2,6
Ошибка средней арифметической (mM), °C	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,1
Коэффициент вариации (v), %	25,3	23,7	40,1	63,5	17,5	11,3	9,2	8,3	16,9	71,1	43,7	27,5	41,6
Ошибка коэффициента вариации (mv), %	2,3	2,2	4,0	7,3	1,5	1,0	0,8	0,7	1,5	8,6	4,4	2,5	4,1
Осадки													
Средняя арифметическая (M), мм	18,1	16,2	18,7	28,4	38,4	47,1	67,2	43,9	27,4	30,5	25,3	21,4	382,6
Ошибка средней арифметической (mM), мм	1,7	1,8	2,0	2,4	3,4	3,6	4,8	3,5	2,6	2,7	2,1	1,6	11,5
Коэффициент вариации (v), %	75,7	88,3	95,8	69,2	72,0	61,6	56,8	63,7	75,5	71,6	64,7	61,7	24,5
Ошибка коэффициента вариации (mv), %	9,8	12,5	14,3	8,5	9,0	7,2	6,4	7,5	9,7	8,9	7,8	7,2	2,3

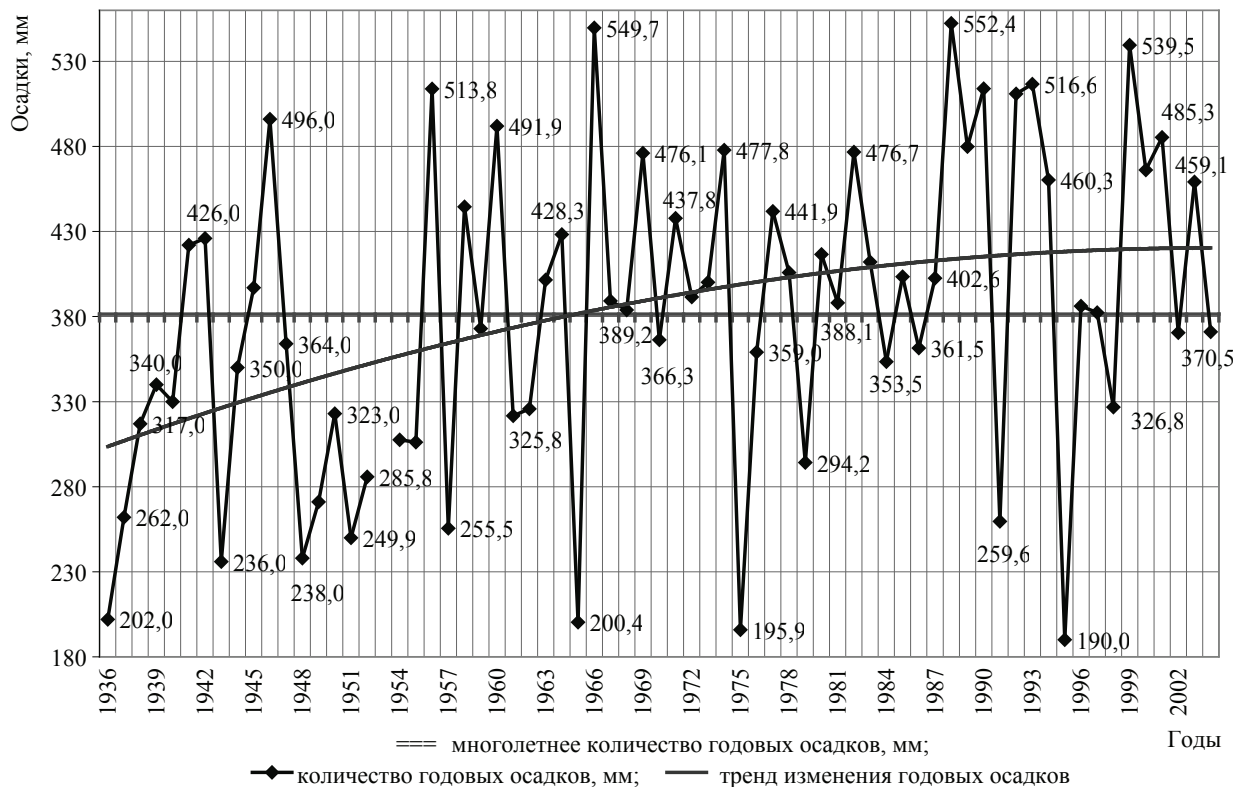


Рис. 2. Количество годовых осадков

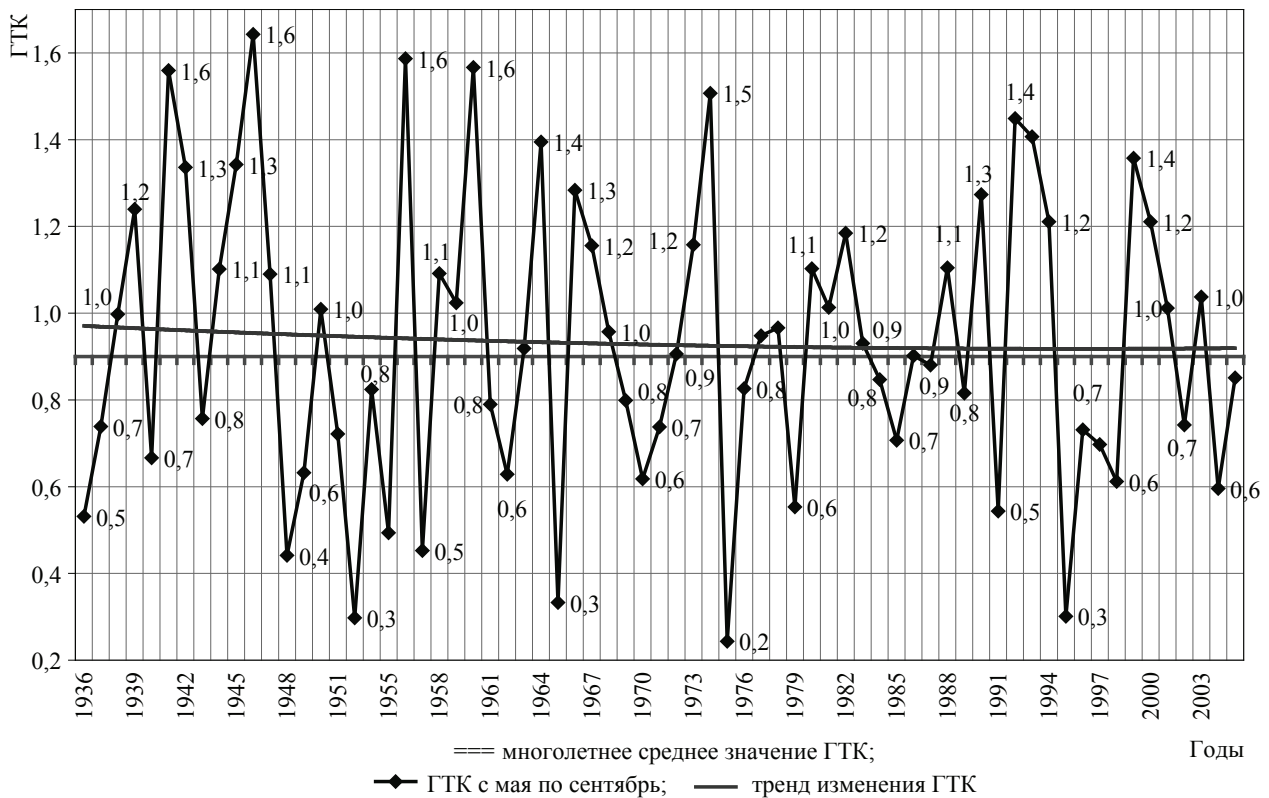


Рис. 3. Изменение ГТК за период исследований

В условиях Джабык-Карагайского бора лимитирующими экологическими факторами являются недостаток влаги и неравномерность выпадения осадков по годам. Влажные годы здесь периодически сменяются засухами. Для рассматриваемого района характерны длительные бездождевые периоды продолжительностью от 10–15 до 30 дней. Нередки засухи. Особенно подвержены отрицательному воздействию недостатка влаги всходы и подрост. Материалы табл. и рис. 2 свидетельствуют о большой вариабельности количества осадков. Безусловно, большое отклонение количества осадков от многолетней средней величины (нормы) отрицательно отражается на лесных экосистемах. Ослабление деревьев способствует распространению вредителей, в частности звездчатого ткача пилильщика (*Acantholyda stellata* Christ). Анализируя рис. 2, можно выделить два периода. Первый период – с 1936 по 1965 г. Он засушливый: количество осадков ниже нормы на 20 % в 31 % случаев. Второй период – с 1966 по 2005 г. Он влажный: количество осадков выше нормы на 20 % в 11 % случаев. В целом за анализируемый период наблюдается

увеличение количества осадков на 10 % относительно нормы. Однако рост количества осадков не может повысить обеспеченность растений влагой, так как основная масса осадков выпадает в летнее время в виде ливней, что приводит к поверхностному стоку и большому расходу влаги на испарение.

Соотношение тепла и влаги наглядно можно оценить посредством гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК), который равен отношению суммы осадков за период со средней суммой температуры воздуха выше 10 °С к сумме температур за тот же период, умноженному на 10. За период с 1936 по 2005 г. нормативное значение ГТК составило 0,9. На протяжении учетного периода снижение значения ГТК на 35 % и более происходило 10 раз, что составляет 15 % от периода наблюдений (рис. 3). Годы, когда недостаток увлажнения составлял 35 % и более, можно считать экстремальными. Такими годами были: 1936, 1948, 1952, 1955, 1957, 1965, 1975, 1979, 1991, 1995, 1998 с периодами между ними соответственно 11, 3, 2, 1, 7, 9, 3, 11, 3, 2 года. Поскольку продолжительность жизни одного поколения леса искусст-

венного происхождения в регионе составляет 40–60 лет, то нетрудно подсчитать, что от 16 до 22 % онтогенеза растений сосны обыкновенной происходит в условиях недостатка влаги. Именно в засушливые периоды происходит распад сосновых древостоев, особенно искусственного происхождения, и усиливается влияние лесных пожаров.

По анализу ГТК устанавливается цикличность климата в исследуемом регионе. В ряду данных ГТК проведена оценка спек-

тральной плотности по методу максимума энтропии с использованием программы «Спектр» и программы «Синус» (Мазепа, 1986). В результате получены следующие циклы: 2; 3,4; 4,5; 11,4; 23,5 года. На рис. 4 представлены фактические циклы, в ряду ГТК. Здесь отчетливо видно, что цикл во временном периоде может затухать и возобновляться вновь. Наиболее стабильным циклом за рассматриваемый отрезок времени является двухлетний цикл.

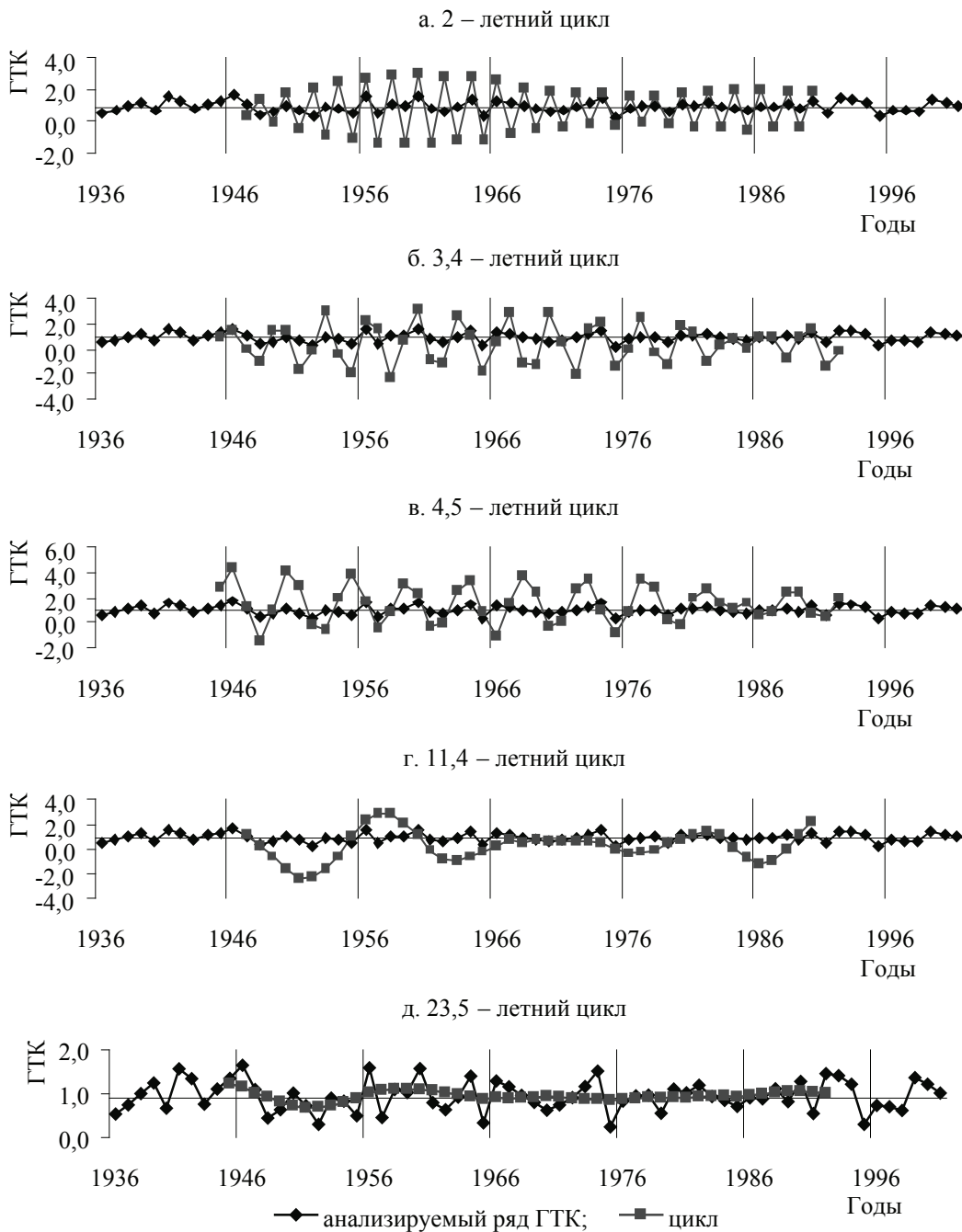


Рис. 4. Фактические циклы в ряду ГТК

К сожалению, большинство насаждений бора сильно расстроено пожарами. Уже при первом лесоустройстве 1929 г. отмечалось, что ими целостность лесных массивов была нарушена до неузнаваемости. Там, где были раньше насаждения, образовались редины с полнотой 0,1–0,2, а чаще – захламленные пустыри. Так, доля редины только за период с 1985 по 1998 г. увеличилась с 3236 до 8081 га. Последнее особенно важно иметь в виду, если учесть, что за тот же период 4834 га редины и прогалин было переведено в категорию пастбищ, то есть в нелесные земли.

Признано, что в условиях степи основным (и даже единственным) методом лесовосстановления является искусственный. Однако в Джабык-Карагайском бору создание лесных культур в силу экстремальных природно-климатических условий не является достаточно успешным. Особенности формирования и хода роста лесных культур в засушливых условиях степной зоны отличаются от таковых в других лесорастительных регионах. Поэтому при наличии лесных массивов, создающих более благоприятную экологическую среду по сравнению с открытыми площадями, уместно в определенных условиях ориентироваться на естественное лесовозобновление.

Наиболее успешно естественное возобновление сосной протекает под пологом леса, в сосновых рединах, в горельниках, на горях, на межлесных пространствах (заброшенных сельскохозяйственных полях, сенокосах, пастбищах), расположенных среди лесных массивов и при наличии источников семян. На больших горях и в рединах, расположенных среди безлесных пространств, возобновление протекает очень слабо или

растягивается на длительный период. Общая площадь редины в бору (полнотой до 0,2) около 8,0 тыс. га (6,6 % от общей площади лесного фонда). Во многих рединах присутствует подрост сосны в количестве до 20–25 тыс. шт. на 1 га. Размещение его в основном куртинно-групповое. Куртины и группы приурочены к микропонижениям, где условия увлажнения лучше. Весьма эффективным мероприятием содействия естественному лесовозобновлению является минерализация почвы.

Лесовозобновление гарей часто протекает со сменой пород. Сосну заменяют береза и осина. Лесовозобновление межлесных площадей сосной обеспечивается за счет семян от стен леса, а также отдельно стоящих деревьев или их групп. Подрост формируется в сторону открытых пространств, пользуясь защитной ролью стен леса, фрагментов леса или отдельных деревьев и их групп.

В последние десятилетия Джабык-Карагайский бор быстрыми темпами разрушается. На подавляющей части территории бор представлен расстроенными под влиянием пожаров насаждениями, рединами, пустырями. Остепнению бора способствовал также выпас скота в 1960–1980 гг. Совокупность отмеченных факторов приводит к усилению процессов остепнения территории бора и затруднению естественной демутиации сосновых насаждений.

Библиографический список

1. Мазепа, В.С. Использование спектрального представления и линейной фильтрации стационарных последовательностей при анализе цикличности в дендрохронологических рядах / В.С. Мазепа // Дендрохронология и дендроклиматология. – Новосибирск, 1986. – С. 49–68.

ВЛИЯНИЕ МИКРОЭКОТОПОВ ЛЕСОКУЛЬТУРНОГО УЧАСТКА НА ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЕЛИ СИБИРСКОЙ

Н.А. ЛУГАНСКИЙ, *проф. каф. лесоводства УГЛТУ, д-р с.-х. наук,*
Г.Г. ТЕРЕХОВ, *докторант каф. лесоводства УГЛТУ, канд. с.-х. наук*

Многочисленные исследования естественного восстановления коренных пород в темнохвойных лесах выполнены в основном на вырубках, горях и ветровальных участках. О естественном восстановлении

хвойных пород в лесных культурценозах на территории России имеются лишь отрывочные сведения [1].

Формирование в еловых культурценозах за счет самосева ели разновозрастных

устойчивых и продуктивных насаждений, обладающих высокими средообразующими функциями, создает предпосылки для сохранения непрерывного лесопользования и исключает проведение повторных экономически затратных лесокультурных мероприятий.

Искусственное лесовосстановление в Свердловской области только за последние 40 лет (1966–2005 гг.) проведено в объеме 1 108,7 тыс. га, в том числе еловые культуры созданы на площади 263,0 тыс. га, за которыми уже в первом десятилетии после создания требуется лесоводственный уход – осветление, а во втором десятилетии – прочистка. Объемы созданных лесных культур постоянно накапливаются, но при низком уровне механизации и высоких трудозатратах на этих видах рубок ухода они проводятся несвоевременно либо с низкой вырубкой запаса мелкотоварной древесины мягколиственных пород.

Выбор изучения естественного восстановления ели сибирской в еловых культурценозах в качестве объекта исследования объясняется тем, что этот вопрос является очень важным с точки зрения выявления факторов, влияющих на начальный процесс появления самосева, особенностей распространения и формирования в культурценозах за счет участия сложного разновозрастного древостоя.

Изучение начального этапа естественного восстановления ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) выполнено нами в подзоне южной тайги на территории Свердловской области (Починковское лесничество Билимбаевского лесхоза) на опытно-производственном участке 23-летних еловых культур в типе леса ельник травяной.

Участок площадью 6,8 га расположен в нижней половине придолинного склона юго-западной экспозиции. Уклон 3–5°. Почва дерново-слабоподзолистая, суглинистая на элювии осадочных пород.

Изучение естественного восстановления ели проведено в июле и октябре 2006 г. через 7 лет после второго приема рубок ухода (прочистка) на временных пробных площадках (ПП) размером 20–25 м² (4 × 5 и 5 × 5 м), которые закладывались в местах с освещенностью поверхности почвы не менее 50 % от полной. Каждая ПП охватывала в основном

3 варианта микроэкоотопа: 1) микропонижения – минерализованные полосы (дно борозд, нарезанных плугом ПКЛ–70); 2) микроповышения – поверхность пластов (образованы при нарезке борозд); 3) целинную часть – поверхность почвы на вырубке в междурядьях культур без воздействия лесокультурными орудиями (контроль). Четвертым вариантом микроэкоотопа на лесокультурном участке являлся органический субстрат (древесный детрит), представленный крупными пнями и порубочными остатками, валежником, который также учитывался, если оказывался на ПП. Степень разложения органического субстрата оценивалась по В.Я. Частухину и М.А. Николаевской (1969).

Всего заложено 78 ПП, на которых учтено 381 растение ели 1–12-летнего возраста. Лесной опад собирался в пределах ПП на каждом из первых трех вариантов микроэкоотопа на площадках размером 1 м² в 10-кратной повторности и в лабораторных условиях высушивался до абсолютно сухой массы (при 105° С). Самосев ели подразделялся на три категории: 1) всходы – растения первого и второго года; 2) собственно самосев – растения 3–5-летнего возраста и 3) подрост – растения 6 лет и старше.

Лесокультурная площадь была представлена сплошнолесосечной свежей вырубкой с количеством пней более 600 шт./га и порубочных остатков – 15–20 м³/га. Расчетка площади технологическими полосами не проводилась. Почва обрабатывалась микропонижениями (бороздами) с помощью плуга ПКЛ-70. Размещение борозд проведено поперек склона через 4,3–5,6 м. Одновременно с нарезкой борозд образовались два прилегающих к борозде пласта. Глубина борозд отличалась большой неравномерностью. Культуры закладывались 4-летними укрупненными сеянцами ели механизированным способом по микропонижениям (в дно борозд). За культурами ели проведено два агротехнических и два лесоводственных ухода. Осветление выполнено коридорным методом в 9-летнем возрасте, прочистка – комбинированным методом в 16-летнем возрасте культур.

Текущая густота деревьев ели в 23-летних культурах составила 840–1 060 шт./га

(сохранность 31–39 %), средняя высота их – $6,8 \pm 0,72$ м. В рядах культур имелось много пропусков – отсутствовали деревья ели по микрозападинам по дну минерализованных полос. В таких микрозападинах в весенний период и после летних ливневых дождей застаивается на длительное время вода, а живой напочвенный покров представлен здесь гигрофитным микросообществом растений.

Источником распространения семян ели на лесокультурном участке являются одиночные деревья ели (20–40 шт./га) высотой 13–19 м, сформировавшиеся из крупного елового подроста предварительной генерации и сохранившиеся по междурядьям, а также отдельные культивируемые деревья ели (100–130 шт./га), составляющие первый ярус молодняка и расположенные относительно равномерно по территории участка. После прочистки возросла в культурах численность деревьев ели с генеративными органами в 1,5–2 раза, и доля их продолжает увеличиваться.

Максимальная степень семеношения на опытно-производственном участке у естественных деревьев и в культурах ели была выражена в 2003 г., когда оценка семеношения по шкале О.Г. Каппера соответствовала в первом случае 3–5 баллам, во втором – 2–3. В последующие годы степень семеношения всех деревьев ели заметно сократилась, уменьшилось и количество деревьев с шишками. Так, в 2005 г. семеношение отмечено у 20 % деревьев естественного происхождения и у 30 % деревьев ели в культурах из первого яруса молодняка. Количество шишек в первом случае было от 22 до 93 шт. на одно дерево, во втором – 4–26. Общее количество еловых шишек на деревьях естественного происхождения и в культурах ели составило более 3 тыс. шт. на 1 га. При этом до 15 % шишек повреждено энтомовердителями. В 2006 г. семеношение отмечено лишь у незначительной части деревьев ели как культурного, так и естественного происхождения, а степень семеношения была 1–2 балла.

Естественное возобновление на лесокультурном участке других хвойных пород происходило от стены хвойно-лиственного древостоя, расположенной с южной стороны на удалении 150 м; большая часть мягколиственных пород возобновилась вегетативным путем.

На лесокультурном участке сформировался смешанный елово-лиственный молодняк составом 3Е4Б3Ос с общей численностью деревьев 7,9–11,8 тыс. шт./га. Молодняк по структуре двухъярусный, высота первого яруса 9–12 м, второго – до 9 м. В первом ярусе находились деревья мягколиственных пород и отдельные еловые деревья-лидеры в культурах, во втором – деревья ели в культурах и деревья лиственных пород вторичного порослевого возобновления после рубок ухода. Сомкнутость полога по территории участка была неравномерной. Подлесок редкий.

Под пологом сомкнутого смешанного елово-лиственного молодняка освещенность поверхности почвы была менее 30 % от открытого места. Поверхность почвы по микроэкотопам сплошь покрыта плотным слоем опада прошлых лет толщиной 0,5–1 см и свежего опада листьев осины, березы, ивы, рябины, что увеличивало общую толщину его до 1,5 см. Травяной покров ограничен 3–4 видами, состояние их подавленное. Встречаемость елового самосева и подроста под пологом на лесокультурном участке крайне редкая, численность его ничтожна – 30–130 шт. на 1 га, в том числе по микропонижениям отмечено 6–20 шт./га, по микроповышениям – 10–30, на целине – 30–80 и на органическом субстрате – 10–30 шт. на 1 га. Состояние растений ели угнетенное, тип хвои у них теневой, формируется зонтикообразная форма кроны. Высота 12-летнего подроста ели на целине не превышала 29 см, по микроповышению 10-летнего подроста – 28 см, по микропонижению 6-летнего – 16 см. Всходов текущего года по всем вариантам микроэкотопов было очень мало, а появившиеся покрыты опадом листьев осины, березы, ивы. Возрастная последовательность у самосева и подроста нарушена (не отмечены растения 4, 7, 8 и 9-летнего возраста).

Среди полога елово-лиственного молодняка после второго приема рубок ухода сохранилось большое количество «окон» размером 15–80 м², а общая площадь открытых мест, где порослевое повторное возобновление лиственных пород отсутствовало либо слабо выражено, достигала 35 % территории участка.

Характеристика микроэкозотопов на лесокультурном участке

Показатель	Микропонижения (минерализованная полоса)	Микроповышения (пласт)	Целинная часть (контроль)
Под пологом смешанного молодняка			
Площадь, м ² на 1 га/ %	910 14	650 10	4940 76
Толщина опада, см	1–1,5	1–1,5	1–1,5
Масса опада, г/м ²	20–66	20–98	22–110
Мощность гумифицированного слоя подстилки, см	0,3–0,9	1–1,5	5,0
Открытое место			
Площадь, м ² на 1 га/ %	490 14	350 10	2660 76
Толщина опада, см	1–2	1,5–2	2–2,5
Масса опада, г/м ²	22–39	20–51	63–309
Мощность гумифицированного слоя подстилки, см	0,4–0,9	1,5–2,5	2,5–4,5

Общая площадь микроэкозотопов на открытом месте была в 1,9 раза меньше, чем под пологом (табл. 1). Масса опада по микропонижениям и по микроповышениям была больше под пологом. Остальные показатели микроэкозотопов (плотность почвы и мощность гумифицированного слоя подстилки) различий почти не имели.

Изучение микроэкозотопов показало, что вдоль поверхности минерализованных полос через 24 года сохранились микрозападины глубиной 12–14 см и длиной от 1 до 3 м в количестве 60–130 шт. с общей протяженностью около 160 м на 1 пог. км полосы. Глубина минерализованных полос в местах елового самосева была 6,9±0,58 (4,5–8,5) см, ширина – 67,8±4,99 см.

Борозды имели дугообразное искривление и слабовыраженный уклон по дну, из-за чего водный сток осуществлялся по нижней части минерализованной полосы, при этом смывалась некоторая часть мелкого опада, в том числе и семена ели.

В летний период на открытых местах по всем вариантам микроэкозотопов, за исключением органического субстрата, обильно развивался живой напочвенный покров: по дну микропонижений – разнотравно-злаковая растительность, по микроповышениям – злаково-разнотравная и на целине – злаковая растительность. Осенью по дну микропонижений поверхность почвы покрыта рых-

лым слоем свежего опада толщиной до 2 см (табл. 1), состоящего в основном из надземных органов травостоя и листьев.

Полуразложившийся опад прошлых лет состоял из стеблей злаковых видов. В результате многолетнего разложения опада образовался гумифицированный слой подстилки толщиной 0,4–0,9 см. Микроповышения (пласты) представлены некоторой неравномерностью: напротив тех мест, где по дну минерализованных полос отмечены микрозападины (более глубокое снятие почвы), они были толще и шире, а в местах со слабой степенью минерализации почвы – тоньше и уже. Однако средние величины составили: толщина – 8,1±0,72 см, ширина одного пласта 24,9±0,30 см. Поверхность микроповышений покрыта свежим и старым опадом; величина, состояние и структура его почти не отличались от опада по дну минерализованных полос, лишь масса опада здесь чуть больше за счет полуразложившегося опада прошлых лет. Мхи развиты очень слабо. Толщина гумифицированного слоя подстилки достигала 1–1,5 см.

На открытых местах поверхность почвы на целинной части участка имела сильное задернение, достигавшее 70–100 % площади «окон». По обилию в составе травяного покрова преобладали злаковые виды: вейник тростниковый (*Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth.), мятлик луговой (*Poa pratensis* L.) и

местами пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski). На поверхности почвы имелся более мощный, по сравнению с предыдущими микроэкоотопами, опад, состоящий из свежего опада надземной части травостоя и полуразложившегося опада прошлых лет (надземная часть вейника, пырея ползучего, листья осины, ветви, чешуя от шишек и др.). Толщина опада достигала 2,5 см, он был более плотного сложения, а масса его – в 3–6 раз больше, чем на минерализованных полосах и по микроповышению.

Органический субстрат, почти сплошь покрытый мхами, на вырубке 25-летней давности имел высоту 10–36 см от поверхности почвы, а общее количество источников с наличием елового самосева составляло 26–86 шт. на 1 га. Все пни листовенных пород, а также пни хвойных пород диаметром до 35 см и порубочные остатки диаметром (в срединной части) до 20 см достигли 5 класса разложения, более крупные пни, порубочные остатки и валежник хвойных пород – 4 класса разложения, листовенных пород – 5 класса.

Общая площадь, занятая каждым микроэкоотопом в расчете на 1 га, на открытом месте была в 1,9 раза меньше, чем под пологом сомкнутого молодняка (табл. 1), а в пределах открытых мест площадь микроповышений была в 1,4 раза меньше микропонижений и в 7,6 раза, чем целина (контроль). Органический субстрат, имевший растение ели, занимал всего лишь 19–39 м²/га, а общая площадь на участке – 40–80 м²/га.

Изучение естественного возобновления ели показало, что еловый самосев по открытым местам лесокультурного участка расположен крайне неравномерно, в основном одиночными растениями и очень редко по 2–3 шт. вместе. Максимальное количество однолетних всходов ели было (табл. 2) по микропонижениям, чаще в местах со слабой степенью зарастания травянистой растительностью, где опада мало, а состояние его рыхлое, но с присутствием мхов в напочвенном покрове. Несмотря на большое количество всходов ели по микропонижению, количество елового самосева 3–5-летнего возраста здесь минимальное по сравнению с микроповышением и целинной частью; при этом сохранив-

шийся самосев ели приурочен в основном к средней части и верхнему краю минерализованной полосы, накопление его продолжается. Внутри микрозападин среди гигрофитных растений всходы ели и самосев отсутствовали; по верхней кромке микрозападин встречались как всходы, так и 3–5-летний самосев ели. Вдоль откоса нижней стороны минерализованной полосы (в местах стока воды) всходы текущего года отмечены единично, а самосева ели не было, что указывает на их гибель в осенний или весенний периоды от вымокания, выжимания почвы.

Возрастная структура елового самосева свидетельствует о том, что по микропонижениям он стал сохраняться в последние 5 лет, а общее количество сохранившегося елового самосева и подроста на единицу площади здесь было в 4 раза меньше, чем по микроповышению, и в 1,4 раза меньше, чем на контроле. По микропонижению у подроста зафиксирован максимальный возраст 6 лет, по микроповышениям и на целинной части он более старшего возраста (9 и 12 лет).

Появление елового самосева на целинной части открытого места наиболее выражено было в начальный послерубочный период (4 года), в последние 3 года доля самосева уменьшилась до 6 % от общего количества растений, а всходов – до 4 %. В то же время на долю самосева и подроста приходится 92 %. Это является следствием того, что после инсоляции подпологового опада, состоявшего в основном из листьев, произошло быстрое его разложение, а вновь появившийся опад в большей степени из травянистой растительности в течение первых нескольких лет был незначительным и имел рыхлое состояние, что способствовало проникновению семян ели к минеральным почвенным горизонтам и успешному укоренению появившихся всходов. С увеличением толщины опада и его плотности, а также с усилением степени задернения злаковыми видами поверхности почвы открытых мест вероятность появления всходов на контроле снизилась.

Больше всего растений ели на единицу площади представлено по микроповышениям (табл. 2), несмотря на меньшую долю по площади их на лесокультурном участке.

Характеристика естественного возобновления ели по микроэкоτοпам на открытом месте

Показатель	Микроэкоτοпы				Общее количество растений, шт./га
	Микропонижения	Микроповышения	Контроль (целинная часть)	Органический субстрат	
Встречаемость на ПП, %	26	18	36	20	–
Количество растений ели, шт./ %	<u>50</u> 100	<u>90</u> 100	<u>190</u> 100	<u>62</u> 100	<u>392</u> 100
Возрастная структура растений ели, шт./ %:					
1-летние всходы	<u>23</u> 46	<u>14</u> 16	<u>8</u> 4	<u>10</u> 16	<u>55</u> 14
2-летние всходы	<u>4</u> 8	<u>10</u> 11	<u>7</u> 4	<u>13</u> 21	<u>34</u> 9
3-летний самосев	<u>5</u> 10	<u>7</u> 8	<u>11</u> 6	<u>16</u> 25	<u>39</u> 10
4-летний самосев	<u>9</u> 18	<u>21</u> 24	<u>31</u> 16	<u>7</u> 11	<u>69</u> 18
5-летний самосев	<u>8</u> 16	<u>21</u> 24	<u>30</u> 16	–	<u>59</u> 15
6-летний подрост	<u>1</u> 2	<u>6</u> 7	<u>21</u> 11	<u>6</u> 10	<u>34</u> 9
7-летний подрост	–	<u>6</u> 7	<u>33</u> 17	–	<u>39</u> 10
8-летний подрост и старше,	–	<u>4</u> 3	<u>49</u> 26	<u>10</u> 17	<u>63</u> 15
в том числе самосев и подрост	<u>23</u> 46	<u>65</u> 73	<u>175</u> 89	<u>40</u> 63	<u>303</u> 77
Густота самосева и подроста, шт. на 100 м ²	4,7	18,9	6,4	–	–

Максимальное количество самосева отмечено на 3 и 4 год после прочистки, в тот период, когда плотный подпологовый опад разложился, а следующий еще не сформировался. По микроповышениям лучше, чем в других микроэкоτοпах, происходит постепенное накопление елового самосева и подроста.

В появлении елового самосева на органическом субстрате (древесном детрите) какой-либо закономерности не обнаружено, он имелся как на открытых местах, так и под пологом смешанного хвойно-лиственного молодняка, но не на каждом пне или валежнике. Чаще его присутствие приурочено к хорошо разложившимся (5 класс) крупным березовым пням, стволам брошенных деревьев и валежника, покрытых мхами. На одном пне встречалось до 3 шт., на стволах – до 6 шт. разновозрастного елового самосева, а общая численность 1–7-летних растений – около 20–80 шт./га. Последовательности в возрастной структуре самосева ели на конкретном виде органического субстрата не отмечено,

появление его определялось прежде всего количеством источников семян и степенью семеношения деревьев ели.

Из других хвойных пород на всех ПП отмечено всего 3 экземпляра самосева лиственницы сибирской, 7 экз. сосны обыкновенной (возрастом 3–7 лет), 11 экз. пихты сибирской (высотой 7–21 см), которые возобновились на целинной части участка и единично – по микроповышению (1 экз. пихты) и микропонижению (1 экз. пихты и 2 экз. сосны).

Наличие подроста ели старше 8 лет указывает на то, что начальный процесс появления его был связан с первым приемом рубок ухода – осветление вдоль рядов культур ели коридорным методом на небольшую ширину (до 2 м), но сформировавшийся по междурядьям культур плотный полог лиственных пород с большим количеством деревьев, ежегодно дающих обильный опад листьев, а также малое количество естественных деревьев ели – обсеменителей, не смогли развить этот процесс. Второй прием рубок ухода – прочис-

тка – имел большую степень воздействия на полог лиственных пород. В результате прочистки сократилось число крупных деревьев лиственных пород, значительно увеличилась осветленная площадь почвы, охватывающая все варианты микроэкоотопов по всему лесокультурному участку. Это благоприятно отразилось на разложении плотного опада, стимулировало рост большого количества деревьев ели в культурах и ускорило семеношение их. После второго приема рубок ухода процесс появления и накопления елового самосева несколько активизировался, но на целинной части и по микропонижениям – на непродолжительное время; более благоприятные условия складывались для накопления его по микроповышениям и на дренированной части микропонижений.

Материалы по естественному восстановлению ели на лесокультурном участке свидетельствуют о том, что в лесных культурах для стимулирования высокопроизводительных и устойчивых лесных насаждений необходимо проведение репродуктивных рубок ухода за культурами, которые, как правило, в производственных лесных культурах или не

проводятся или проводятся эпизодически с очень слабой интенсивностью.

Изучение естественного лесовосстановления ели на лесокультурном участке показало, что на разных микроэкоотопов после двух приемов рубок ухода появилось на 1 га в среднем более 400 экз. самосева и подроста. Количество самосева ели небольшое, однако это имеет существенное значение для формирования лесной экосистемы. Поскольку количество елового элемента в ней будет в дальнейшем возрастать за счет естественного восстановления ели, то в культурценозе сформируется разновозрастный сложный древостой, обладающий большей устойчивостью и продуктивностью и при этом выполняющий важнейшие средообразующие функции в горных условиях – защитные и водорегулирующие.

Библиографический список

1. Алятин, М.В. Особенности эксплуатации, возобновления и воспроизводства сложных ельников Ижорского (Силурийского) плато / М.В. Алятин // Известия СПб ЛТА. Сборник докладов молодых ученых науч. конференции. – СПб.: ЛТА., 2005. – С. 9–13.
2. Частухин, В.Я. Биологический распад и синтез органического вещества в природе / В.Я. Частухин, М.А. Николаевская. – Л., 1969. – 326 с.

АНАЛИЗ ГОРИМОСТИ ЛЕСОВ И ЛЕСОПОЖАРНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ЮГА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

И.Э. ОЛЬХОВКА, *ст. преп. каф. охраны труда УГЛТУ,*
В.П. АБРАМОВ, *асп. каф. лесоводства УГЛТУ,*
С.В. ЗАЛЕСОВ, *проф. каф. лесоводства УГЛТУ, д-р с.-х. наук*

Лесные пожары ежегодно приводят к гибели или повреждению насаждений на многих тысячах гектаров; выбросу в атмосферу сотен тысяч тонн продуктов сгорания; снижению водоохраных, защитных и других полезных функций леса; уничтожению фауны; нарушению планового ведения лесного хозяйства и использования природных ресурсов.

Анализ горимости лесов за период с 1985 по 2004 г. позволил предложить вариант лесопожарного районирования. Исследования проведены в пределах лесной зоны – в подзоне предлесостепных (подтаежных) сосново-березовых лесов (Нижнетавдинский, Яркоковский

лесхозы) и в лесостепной зоне в подзоне северной лесостепи (Тюменский, Исетский, Упоровский лесхозы) согласно лесорастительному районированию, выполненному Е.П. Смолоноговым и А.М. Вегериним [1].

Объект исследования представляет собой леса Гослесфонда общей площадью 922,8 тыс. га, находящиеся на территории пяти административных районов, включающих пять лесхозов, охраняемых Тюменским авиаотделением Тюменской базы авиационной охраны лесов.

Для анализа использовался показатель удельной горимости по Г.А. Мокееву, который определяется как выраженное в процентах от-

ношение площади лесов, пройденных лесными пожарами за сезон, к общей площади охраняемого объекта [2]. Также использовались показатели средней площади пожара, плотности лесных пожаров, распределения пожаров по месяцам и причинам возникновения. Одновременно учитывалось распределение площади исследуемой территории по классам природной пожарной опасности по И.С. Мелехову. На основе этих данных составлено пожарное районирование исследуемой территории.

Считается, что пожароопасный период начинается после схода снежного покрова. В зависимости от уровня пожарной опасности в лесу, по условиям погоды определяющего совокупность метеоэлементов, влияющих на изменение влажности лесных горючих материалов, рассчитывался класс пожарной опасности (КПО). КПО характеризует вероятность возникновения лесных пожаров. Данные по

жарной опасности по условиям погоды взяты в Тюменской авиабазе и рассчитаны централизованно исходя из средних значений по данным метеостанций анализируемых районов. Поэтому значения КПО, температуры, количества осадков усредненные, более детальных данных по каждому изученному лесхозу найти не удалось. Для детального анализа горимости лесов использовался показатель продолжительности периода фактической горимости, то есть период времени между первым и последним лесным пожаром, возникшим на территории каждого лесхоза в среднем за 20 лет. Данные представлены в табл. 1.

Данные о горимости лесов на территории района исследований представлены в табл. 2. Распределение количества лесных пожаров по месяцам пожароопасного периода и причинам их возникновения приведены в табл. 3 и табл. 4 соответственно.

Т а б л и ц а 1

Продолжительность периода фактической горимости

Лесхоз	Средняя дата возникновения первого пожара	Средняя дата возникновения последнего пожара	Среднее количество дней периода фактической горимости
Ярковский	13 мая	18 июля	65
Нижнетавдинский	1 мая	20 июля	79
Тюменский	25 апреля	17 августа	112
Исетский	5 мая	20 июля	75
Упоровский	3 мая	23 июля	80
По району исследований	4 мая	3 августа	82,2

Т а б л и ц а 2

Данные горимости за 20 лет на территории района исследования

Лесхоз	Общая площадь, тыс. га	Количество лесных пожаров, шт.	Пройденная огнем площадь, га		Удельная горимость, %	Средняя площадь пожара, га	Плотность пожаров на 100 тыс. га
			лесная	нелесная			
Ярковский	373,2	182	4898	2003,2	0,09	37,92	2,4
Нижнетавдинский	270,2	654	3406	2171,0	0,10	8,53	12,1
Тюменский	112,6	2483	6577	742,5	0,32	2,95	110,2
Исетский	114,9	312	4881	621,9	0,23	17,64	13,6
Упоровский	51,9	285	3592	562,6	0,40	14,58	27,4

Т а б л и ц а 3

Распределение количества лесных пожаров по месяцам пожароопасного периода, %

Лесхоз	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
Ярковский	6,59	46,70	19,78	13,74	4,95	6,59	1,65
Нижнетавдинский	8,10	52,60	14,83	14,07	0,92	5,20	4,28
Тюменский	8,05	39,35	22,96	12,00	4,23	9,63	3,79
Исетский	9,62	62,50	8,97	5,77	4,17	5,45	3,53
Упоровский	9,00	63,00	9,30	6,00	6,40	3,30	3,00

Распределение площади исследуемой территории по классам природной пожарной опасности и по причинам возникновения пожаров, %

Лесхоз	Классы пожарной опасности					Средний класс	Причина возникновения лесных пожаров, %			
	I	II	III	IV	V		местное население	сельхозпал	лесозаготовители	грозы
Ярковский	5,1	4,9	17,9	48,2	23,9	3,8	85,7	9,9	1,6	2,7
Нижнетавдинский	5,6	6,0	24,4	50,2	13,8	3,6	80,6	19,3	0,2	0,0
Тюменский	16,4	43,8	0,8	30,8	8,2	2,7	98,6	1,2	0,1	0,0
Исетский	15,8	9,6	29,5	45,1	–	3,0	60,6	35,6	2,6	1,3
Упоровский	28	12	21	21	18	2,9	74,0	18,9	5,3	1,8

Ярковский и Нижнетавдинский лесхозы относятся к лесной зоне. На территории Ярковского лесхоза за исследуемый период наблюдается три вспышки высокой горимости – 1989, 1992 и 2004 гг. Продолжительность периода фактической горимости в этом лесхозе наименьшая. Уровень горимости по лесхозу за 20 лет соответствует средней величине. По лесхозу средняя площадь пожара высокая. Доля пожаров, обнаруженных авиацией, варьирует от 13 до 100 % и составляет в среднем 68 %.

В Нижнетавдинском лесхозе за исследуемый период (1985–2004 гг.) наблюдается пять лет с высокой горимостью 1985, 1989, 1992, 1994 и 2004 гг., а среднее значение показателя горимости соответствует высокой величине. Доля лесных пожаров, обнаруженных при помощи авиации, варьирует от 43 до 100 %, составляя в среднем 79 %.

Основной причиной возникновения лесных пожаров в лесхозах лесной зоны является неосторожное обращение с огнем местного населения (80,6–85,7 %). Велика также доля лесных пожаров, возникших от сельскохозяйственных палов (9,9–19,3 %).

Проанализируем горимость лесов в лесхозах лесостепной зоны. На территории Тюменского лесхоза за исследуемый период зафиксировано 10 лет с высокой горимостью 1985, 1989, 1994–1998, 2003 и 2004 гг. Продолжительность периода фактической горимости превышает таковую во всех других лесхозах. Средняя площадь пожара за 20 лет наименьшая, что свидетельствует об оперативной работе лесной охраны. Основной причиной возникновения лесных пожаров

является местное население. Доля пожаров, обнаруженных авиацией, за период исследования варьирует от 14 до 92 % и составляет в среднем 43 %.

В Исетском лесхозе за исследуемый период наблюдались две вспышки высокой горимости это 1996 и 2004 гг. Горимость лесов характеризуется как высокая. Средняя площадь пожара большая. Основной причиной возникновения лесных пожаров является местное население – 60,6 %. Однако очень велика доля пожаров от сельхозпалов. Доля пожаров, обнаруженных авиацией, варьирует от 14 до 100 %, составляя в среднем 51 %.

На территории Упоровского лесхоза за анализируемый период наблюдается пять лет с высокой горимостью 1989, 1996, 1998, 1999 и 2004 гг. Среднее значение показателя горимости высокое. Средняя площадь пожара за 20 лет большая. Основной причиной возникновения лесных пожаров является местное население, на долю сельхозпалов приходится 19 %. Кроме того, 5,3 % лесных пожаров возникает по вине лесозаготовителей. Доля пожаров, обнаруженных авиацией, составляет в среднем 38 %.

В среднем по лесной зоне удельная горимость составляет 0,095 %, что соответствует средней степени горимости, в лесостепной зоне этот показатель почти в три раза выше и составляет 0,32 %. Средняя площадь пожара в лесостепной зоне 11,7 га, что в два раза меньше, чем в лесной. Плотность лесных пожаров в лесной зоне составляет 7 шт./100 тыс. га, а в лесостепной – 50 шт./100 тыс.га.

На всей исследуемой территории основной пик горимости приходится на май.

Однако значительное количество лесных пожаров в лесной зоне возникает в июне и в июле. В лесостепной зоне после весенней вспышки горимость быстро снижается, за исключением Тюменского лесхоза, где лесные пожары возникают весь пожароопасный период. Авиалесоохраной в лесной зоне обнаружено 74 %, а в лесостепной 44% лесных пожаров. Низкий процент обнаружения лесных пожаров авиалесоохраной в лесостепной зоне связан с большей плотностью населения и лучшей сетью дорог, что обеспечивает более оперативное обнаружение лесных пожаров наземной лесной охраной.

Основной целью лесопожарного районирования является расчленение территории по основным признакам горимости лесов для улучшения охраны лесов от пожаров. Лесопожарное районирование по Тюменской области проводилось В.Н. Монокиным [3]. Исследуемая территория, по В.Н. Монокину, относится к зоне высокой пожарной опасности Туринско-Тобольского района. Полученные данные позволяют детализировать лесопожарное районирование В.Н. Манюкина и выделить на исследуемой территории три лесопожарных района.

В первый район включено два лесхоза, находящиеся в лесной зоне (Нижнетавдинский, Ярковский). Продолжительность периода фактической горимости в этих лесхозах составляет 72 дня. Средний класс природной пожарной опасности – 3,7. Величина удельной горимости по району – 0,095 %, что соответствует средней величине. Небольшая плотность населения – 3,9 чел./км², недостаточная развитость дорожной сети – 6,5 км/тыс. га, небольшое количество сельскохозяйственных площадей способствует меньшей вероятности возникновения пожаров.

Однако слабая освоенность территории отрицательно влияет на оперативность обнаружения и тушения лесных пожаров, чем объясняется значительная площадь среднего пожара (23,21 га). В этом районе необходимо основным способом обнаружения считать авиатрулирование, поскольку на долю данного способа обнаружения приходится 74 % всех пожаров. Полеты необходимо производить регулярно, а не эпизодически. Также це-

лесообразно создать при Тюменском авиаотделении штат парашютистов-пожарных для тушения пожаров в отдаленных труднодоступных местах.

Во второй лесопожарный район целесообразно объединить два лесхоза лесостепной зоны – Исетский и Упоровский. Продолжительность периода фактической горимости здесь составляет 77 дней. Плотность лесных пожаров 21 шт./100тыс. га. Средний класс природной пожарной опасности – 2,9. Величина удельной горимости по району – 0,31 %, что соответствует высокой величине. Средняя площадь пожара – 16,1 га. По плотности населения и удельной протяженности дорожной сети район более развит (8,7 чел./км² и 10,6 км/тыс. га соответственно) по сравнению с предыдущим районом. Площадь сельскохозяйственных угодий в этом районе больше, чем в лесной зоне, поэтому в первую очередь необходимо уделять повышенное внимание недопущению лесных пожаров от сельхозпалов. Несмотря на то, что работы по выжиганию травы и стерни на участках, непосредственно примыкающих к лесам, запрещены [4], эти работы нередко проводятся даже без предварительной подготовки и должного обеспечения безопасности, а также без учета состояния погоды и совершенно неподготовленными людьми. Необходимо в весеннее время усилить наземное патрулирование в местах некошенных и непаханных сельхозугодий, а с работниками сельхозорганизаций проводить разъяснительную работу по правилам противопожарной безопасности. В лесничествах поставить наблюдательные вышки. Также необходима организация мобильных сил и средств пожаротушения с широкими возможностями маневрирования.

К третьему лесопожарному району целесообразно отнести территорию Тюменского лесхоза. Данная территория, несмотря на сходство по лесорастительным признакам и по показателю удельной горимости со вторым лесопожарным районом, требует специфических противопожарных мероприятий. По многолетним данным продолжительность периода фактической горимости составляет 112 дней. Средний класс природной пожар-

ной опасности – 2,7. Показатель удельной горимости по району – 0,32 % соответствует высокой величине. Плотность лесных пожаров очень высокая – 110,2 шт./100тыс. га. Средняя площадь пожара небольшая – 2,95 га. Показатели высокой горимости лесов объясняются высокой плотностью населения – 127 чел./км². Для этого района первостепенными задачами являются расширение площади наземной охраны, строительства в лесничествах пожарных наблюдательных вышек, оборудование и укомплектование пожарно-химических станций (ПХС). Особое внимание следует обратить на улучшение обустройства территории, размещение средств наглядной агитации в местах массового отдыха.

Проведенные исследования позволяют детализировать лесопожарное районирование В.Н. Манокина и выделить на исследуемой территории три лесопожарных района.

Первый лесопожарный район находится в лесной зоне в подзоне предлесостепных (подтаежных) сосново-березовых лесов, характеризуется средней степенью горимости, большими площадями и небольшой плотностью лесных пожаров. В этом районе основным способом обнаружения лесных пожаров следует считать авиатрулирование.

Второй лесопожарный район находится в лесостепной зоне в подзоне северной лесостепи, характеризуется высокой степенью горимости, небольшими площадями и средней плотностью лесных пожаров. Повышенное внимание в этом районе необходимо уделять

недопущению лесных пожаров от сельхозпалов, для чего с работниками сельхозорганизаций следует усилить работу по разъяснению правил пожарной безопасности. Способ обнаружения лесных пожаров стационарный, с использованием пожарно-наблюдательных вышек и мачт. Для оперативности тушения лесных пожаров необходима организация мобильных сил и средств пожаротушения с широкими возможностями маневрирования.

Третий лесопожарный район находится в лесостепной зоне в подзоне северной лесостепи, характеризуется высокой степенью горимости, малыми площадями и очень высокой плотностью лесных пожаров. Необходимо расширение площади наземной охраны лесов, строительство в лесничествах пожарных наблюдательных вышек, оборудование и укомплектование ПХС, а также улучшение обустройства территории и размещение наглядной агитации в местах массового отдыха.

Библиографический список

1. Смолоногов, Е.П. Комплексное районирование лесов Тюменской области / Е.П. Смолоногов, А.М. Вегерин. – Свердловск, 1980. – 88 с.
2. Залесов, С.В. Лесная пирология / С.В. Залесов. – Екатеринбург, 1998. – 296 с.
3. Монокин, В.Н. Методика лесопожарного районирования на основе комплексного показателя горимости (на примере Тюменской области): автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / В.Н. Монокин. – Красноярск, 1998. – 35 с.
4. Сборник нормативных актов по пожарной безопасности в лесах Российской Федерации. М., 1995. – 84 с.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ РУБОК НА ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЕ В ПРОИЗВОДНЫХ БЕРЕЗНЯКАХ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

В.А. ПОМАЗНЮК, *доц., докторант каф. лесоводства УГЛТУ, канд. с.-х. наук,*
А.С. ЗАЛЕСОВ, *доц. каф. лесоводства УГЛТУ, канд. с.-х. наук*

Втаежной зоне широко распространены производные мягколиственные древостои, возникшие после рубки высокопроизводительных ельников. Не является исключением в этом плане и район наших исследований, где на долю березовых и осиновых производных древостоев приходится 46,4 % покрытой лесной растительностью площади.

Исследования лесоводственной эффективности сплошных и постепенных рубок в производных березняках проводились на объектах, заложенных в сентябре 1985 г. в квартале 143 Кузинского лесничества Билимбаевского лесхоза. Билимбаевский лесхоз, согласно лесорастительному районированию Б.П. Колесникова и др. (1973),

относится к южнотаежному округу Среднеуральской низкогорной провинции Уральской горной лесорастительной области. На объекте были проведены опытные трехприемные чересполосные постепенные рубки. При проведении первого приема рубки применялась традиционная технология лесозаготовок. На валке деревьев использовалась бензиномоторная пила МП-5 «Урал», на трелевке – трелевочный трактор ТТ-4. Обрубка сучьев производилась вручную топором с укладкой порубочных остатков на волок. Ширина вырубаемых полос составляла 30–45 м, ширина оставляемых полос – 60–90 м [2, 3]. Последующие приемы рубки были выполнены в 1992 и 1996 гг.

Для установления таксационных показателей древостоев первого объекта было заложено до проведения рубки три постоянные пробные площади (табл. 1).

Материалы табл. 1 наглядно свидетельствуют, что до проведения трехприемной чересполосно-постепенной рубки на участке произрастали производные березовые древостои с незначительной примесью ели и липы мелколистной. Средняя высота древостоев на всех пробных площадях составляла 25 м при относительной полноте 0,6. Особо следует отметить, что древостои всех трех пробных площадей имели практически оди-

наковые таксационные показатели за исключением состава.

В качестве второго объекта был взят березовый древостой, произрастающий в квартале 130 Кузинского лесничества Билимбаевского лесхоза, где в сентябре 1985 г. были проведены двухприемные чересполосно-постепенные рубки. Первый прием рубки выполнен на базе традиционной лесозаготовительной техники (валка деревьев бензиномоторной пилой МП-5 «Урал», трелевка хлыстов – трактором ТТ-4). Обрубка сучьев производилась вручную топором с укладкой порубочных остатков на волок. Ширина вырубаемых полос составляла 40-45 м при аналогичной ширине оставляемых полос.

Второй (завершающий) прием рубки выполнен в 1992 г. с использованием традиционной лесозаготовительной техники. Валка деревьев осуществлялась бензиномоторной пилой МП-5 «Урал», трелевка трактором ТТ-4 пакетами за вершину, обрезка сучьев выполнена на машине ЛП-33 на верхнем складе. Особо следует отметить, что валка деревьев производилась таким образом, чтобы их можно было трелевать по старым волокам.

Основные таксационные показатели древостоев пробных площадей, заложенных до проведения чересполосно-постепенных рубок в Билимбаевском лесхозе, приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Таксационная характеристика древостоев пробных площадей, заложенных в Кузинском лесничестве Билимбаевского лесхоза до проведения постепенных и сплошных узколесосечных рубок

№ ПП	№ квартала	Таксационные показатели древостоев						
		Состав древостоя	Возраст, лет	Средние		Полнота	Запас, м ³ /га	Класс бонитета
				Высота, м	Диаметр, см			
1	143	8Б2Е+Лп	100	25	24	0,6	190	II
2	143	7Б2Лп1Е	100	25	24	0,6	190	II
3	143	7Б2Лп1Е	100	25	24	0,6	190	II
4	130	6Б1Ос1Е1С1П	90	22	22	0,7	200	III
5	130	6Б1Ос1Е1С1П	90	22	22	0,7	200	III
6	130	6Б1Ос1Е1С1П	90	22	22	0,7	200	III
7	130	6Б1Ос1Е1С1П	90	22	22	0,7	200	III
8	130	6Б1Ос1Е1С1П	90	22	22	0,7	200	III
9	130	6Б1Ос1Е1С1П	90	22	23	0,7	210	III
10	143	8Б2Е+Лп	100	25	24	0,6	190	II
11	143	8Б1Е1Лп	100	25	24	0,6	190	II
12	143	8Б1Е1Пед.Лп	100	25	24	0,6	190	II

Материалы табл. 1 свидетельствуют, что древостой на участке двухприемной чересполосно-постепенной рубки (ПП 4–6) отличается от такового на участке трехприемной чересполосно-постепенной рубки меньшим возрастом и классом бонитета, однако он характеризуется более высокой относительной полнотой и запасом стволовой древесины.

Третий объект представлял собой производный березовый древостой, также в Билимбаевском лесхозе, пройденный в 1990 г. трехприемной равномерно-постепенной рубкой (ПП 7–9). Проводилась равномерно-постепенная рубка по традиционной технологии. Валка деревьев осуществлялась как и в предыдущих вариантах. На данный момент рубки здесь не завершены. Выполнено только два приема рубки. В первый прием были разрублены трелевочные волока, а на пасеке вырублены все деревья хвойных пород, а также сухостойные деревья березы и осины. Во второй прием в 1994 г. было вырублено около 50 % оставленных на дорастивание деревьев березы. Остальная часть древостоя будет удалена при третьем, окончательном приеме рубки. Завершающий прием был проведен только на одном из участков третьего объекта в 1997 г.

Таксационная характеристика древостоев на время начала эксперимента была следующей: состав бБ1Ос1Е1С1П, средний возраст 90 лет, средняя высота 22 м, средний диаметр 22 см, относительная полнота 0,7, запас 200 м³/га. Под пологом березового древостоя на момент проведения первого приема рубки имелся жизнеспособный хвойный подрост в количестве 3,0 тыс. экз./га.

Четвертый объект главных рубок в производных березовых древостоях был представлен тремя лесосеками узколесосечной рубки, выполненной в квартале 143 Кузинского лесничества Билимбаевского лесхоза. Таксационная характеристика древостоев (ПП 10–12) до проведения сплошных узколесосечных рубок приведена в табл. 1.

При проведении сплошных узколесосечных рубок применялась традиционная технология, как и в предыдущих вариантах.

Все опытные объекты были заложены в одной липняковой хозяйственной группе типов леса. Под пологом березовых древостоев на мо-

мент проведения первого приема постепенных рубок насчитывалось от 3,0 до 4,0 тыс. экз./га хвойного подроста. При этом на ПП 1–3, участке трехприемных чересполосно-постепенных рубок, количество подроста составляло 3 тыс. экз./га. На ПП 4–6, участке двухприемных чересполосно-постепенных рубок, количество подроста на момент проведения первого приема составляло 3,0 тыс. экз./га. На участке трехприемной равномерно-постепенной рубки (ПП 7–9) количество хвойного подроста составляло 4,0 тыс. экз./га., а на участке (ПП 10–12) сплошной узколесосечной рубки – 3,5 тыс. экз./га.

Подрост на всех пробных площадях до рубки был представлен преимущественно елью и пихтой. Он был равномерно расположен по площади, что объясняется сравнительно невысокой полнотой березового древостоя.

В целом можно отметить, что в качестве основных объектов исследований были подобраны наиболее типичные для района исследований производные березовые древостой средней полноты с наличием от 3,0 до 4,0 тыс. экз./га хвойного подроста.

Значительное количество опытных объектов и пробных площадей позволяет надеяться на получение репрезентативных данных о лесоводственной эффективности различных способов рубки на формирование коренных еловых древостоев после удаления мягколиственного полога.

В научной литературе достаточно подробно рассматривается рост ели предварительного возобновления в связи с решением важного вопроса – целесообразности сохранения елового подроста при рубке лиственного древостоя. Однако большинство исследований, как было показано в начале статьи, касается подроста предварительной генерации, произрастающего под пологом березового древостоя, тогда как количественные и качественные показатели подроста после проведения чересполосно-постепенных, сплошных узколесосечных и равномерно-постепенных рубок изучены недостаточно. В то же время специфика формирования молодняков после проведения указанных видов рубок главного пользования, в конечном счете, определяет целесообразность сохранения подроста темнохвойных пород при проведении рубок.

Таксационная характеристика древостоев спустя 8–13 лет после завершающего приема рубки в производных березняках

№ ПП	Ярус	Состав	Возраст, лет	Средние		Полнота		Густота, шт./га	Запас, м³/га	Бонитет
				высота, м	диаметр, см	абсолютная, м²	относительная			
Трехприемная чересполосно-постепенная рубка										
1	1	51П	55	9,0	9,4	7,4		1076	34	
		39Е	55	7,8	8,5	5,1		908	26	
		9Лп		10,0	10,4	1,0		114	6	
		1Б				0,3		22	1	
Итого				8,6	9,1	13,8	0,64	2120	67	V
2	1	54П	55	9,2	10,0	9,5		1194	45	
		36Е	55	8,8	9,6	5,3		719	30	
		6Лп		8,5	7,5	0,9		194	5	
		4Б				0,5		25	3	
Итого				9,0	9,6	16,2	0,73	2132	83	V
3	1	56П	55	9,7	9,6	5,8		810	34	
		39Е	55	9,5	9,4	4,1		582	24	
		3Лп				0,3		54	2	
		2Б				0,3		38	1	
Итого				9,6	9,5	10,5	0,45	1484	61	V
Двухприемная чересполосно-постепенная рубка										
4	1	45Е	55	9,2	10,9	5,5		583	32	
		39П	55	7,9	9,6	6,2		857	28	
		13Лп		8,1	9,6	1,6		214	9	
		3Б				0,4		36	2	
Итого				8,6	10,3	13,7	0,63	1690	71	V
5	1	44Е	55	8,9	12,0	4,5		413	27	
		37П	55	7,5	9,4	4,9		701	23	
		16Лп		7,5	6,9	2,1		565	10	
		3Б				0,3		27	2	
Итого				8,1	9,9	11,8	0,57	1706	62	V
6	1	58П	55	8,8	8,9	6,9		1122	29	
		36Е	55	9,4	9,5	3,3		463	18	
		4Лп				0,4		95	2	
		2Б				0,2		26	1	
Итого				9,0	9,1	10,8	0,48	1706	50	V
Равномерно-постепенная рубка										
7	1	80Б	100	22,5	23,1	13,3		294	118	
		14Е		20,1	20,9	2,2		62	21	
		6П		20,1	20,5	1,4		43	9	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	1	80Б	100	22,5	23,1	13,3		294	118	
Итого 1 ярус				22,0	22,6	16,9	0,49	399	148	III
7	2	57П	50	7,8	8,8	8,9		1463	47	
		35Е	50	7,5	8,5	5,3		926	29	
		5Лп				0,7		69	4	
		3Б				0,3		31	2	
Итого 2 ярус				7,7	8,7	15,2	0,75	2489	82	V
8	1	72Б	100	23,5	25,8	13,4		228	114	
		14П		19,5	21,7	3,1		81	24	
		8Е		19,0	20,6	1,4		43	13	
		5Лп				0,9		27	8	
Итого 1 ярус				22,3	24,5	18,8	0,54	379	159	III

№ ПП	Ярус	Состав	Возраст, лет	Средние		Полнота		Густота, шт./га	Запас, м ³ /га	Бонитет
				высота, м	диаметр, см	абсолютная, м ²	относительная			
8	2	54П	50	10,3	11,2	5,5		566	28	
		35Е	50	8,5	8,9	3,4		544	18	
		8Лп		6,2	7,1	0,8		185	4	
		3Б				0,4		33	2	
Итого 2 ярус				9,2	9,9	10,1	0,44	1328	52	IV
9	1	56Е	50	7,4	8,1	3,5		672	19	
		41П	50	7,7	8,4	3,2		572	14	
		3Б				0,3		22	1	
Итого				7,5	8,2	7,0	0,35	1266	34	V
Сплошная узколесосечная рубка										
10	1	55Е	65	12,3	12,0	8,9		828	58	
		39П	65	12,0	11,8	6,1		552	41	
		3Б				0,6		113	3	
		3Лп				1,1		148	4	
Итого				12,2	11,9	16,7	0,61	1641	106	IV
11	1	54П	65	14,3	13,5	9,4		665	68	
		37Е	65	14,8	14,8	5,5		320	47	
		8Лп		7,5	7,0	2,3		597	10	
		1Б				0,3		18	2	
Итого				13,8	13,4	17,5	0,56	1600	127	IV
12	1	62П	60	8,7	9,0	10,9		1698	60	
		27Е	60	8,3	8,5	4,6		800	26	
		8Б				1,1		65	8	
		3Лп				0,5		155	3	
Итого				8,6	8,8	17,1	0,79	2718	97	V

Выполненные исследования показали, что при условии сохранения в процессе проведения лесосечных работ подроста предварительной генерации уже спустя 8–13 лет после проведения завершающего приема рубки формируются молодняки с доминированием в составе хозяйственно-ценных пород (табл. 2).

Поскольку на ПП 7–9 рубка еще не закончена, насаждение состоит из 2-х ярусов. Первый ярус составляют 100-летние деревья преимущественно лиственных пород (7–8 единиц). Полнота и запас варьируют соответственно от 0,48 до 0,54 и от 148 до 159 м³/га. За счет подроста предварительной генерации под пологом изреженного материнского древостоя сформировался второй ярус с долей участия ели и пихты в составе древостоя до 9 единиц. Относительная полнота (0,44–0,75) и запас второго яруса (52–82 м³/га) позволяют предположить, что после завершающего приема рубки здесь будут сформированы хвойные насаждения без

дополнительных затрат на лесокультурные работы. Для древостоев ПП 7 и 8 характерно отсутствие сухостойных деревьев в верхнем ярусе, что свидетельствует о высокой устойчивости насаждения после проведения двух приемов равномерно-постепенной рубки. На контрольном участке, где рубки не проводились, доля сухостоя составляет 11,3 % от общего запаса (44 м³/га) при отсутствии второго яруса.

При наличии под пологом мягколиственных древостоев 3–4 тыс. шт./га елово-пихтового благонадежного подроста и условия его сохранения при лесозаготовках даже сплошнолесосечные рубки позволяют сформировать хвойные молодняки. Проведение чересполосно-постепенных и равномерно-постепенных рубок не оказывает существенного влияния на таксационные показатели формируемых хвойных молодняков, однако снижает опасность повреждения древостоев поздневесенними заморозками и способствует беспрерывному (постоянному) выполне-

нию насаждением защитных функций. Как положительный момент следует отметить наличие в составе древостоев липы мелколистной и березы повислой и пушистой. Имея меньшую среднюю высоту, лиственные породы не только не оказывают существенной конкуренции ели и пихте, но и напротив, способствуют повышению плодородия почвы, а также устойчивости деревьев темнохвойных пород против ветра.

Влияние березового древостоя на возобновление ели и формирование еловых древостоев неоднозначно, и в значительной мере определяется плотностью березняка в разные стадии его онтоценогенеза. Отрицательное влияние березового древостоя на прирост экземпляров ели, выросших под его пологом, проявляется в низком показателе класса бонитета. Несмотря на достаточно благоприятные для выращивания ели почвенные условия (тип леса липняковый), сформированные в результате проведения рубок главного пользования молодняка характеризуются преимущественно IV–V классами бонитета. Подрост ели предварительной генерации характеризовался значительной разновозрастностью и был представлен преимущественно двумя возрастными группами – 21–40 и 41–60 лет. Последнее позволяет предполагать, что он еще сохранил достаточную пластичность и способен адаптироваться к новым экологическим условиям. Другими словами, следует ожидать, что после уборки березового древостоя деревья ели и пихты резко увеличат свой прирост по высоте и в дальнейшем показатель класса бонитета улучшится.

При проведении чересполосно-постепенных рубок формирование молодого древостоя осуществляется преимущественно за счет подроста предварительной генерации. Однако улучшение светового режима за счет бокового освещения со стороны вырубленных полос обеспечивает условия для формирования подроста сопутствующей генерации. После завершающего приема рубки процесс накопления подроста не завершается, о чем свидетельствуют материалы табл. 3.

Материалы табл. 3 свидетельствуют, что при проведении двух- и трехприемных

чересполосно-постепенных рубок под пологом сформировавшегося преимущественно из подроста предварительной генерации молодняка накапливается подрост ели и пихты. Поскольку двухприемные рубки были закончены на четыре года раньше, чем трехприемные, подрост на ПП 4–6 характеризуется большей густотой и средней высотой. Однако на этих пробных площадях выше доля березы в составе подроста.

Анализируя данные о подросте на участках чересполосно-постепенных рубок, нельзя не отметить, что он является достаточно успешным и, в конечном счете, позволяет надеяться на решение двух лесоводственных задач: восстановление (точнее формирования) сомкнутого древостоя на участках пазух, где подрост предварительной генерации был уничтожен в процессе лесозаготовок, и формирование сложных, более устойчивых к неблагоприятным экологическим и антропогенным воздействиям древостоев.

Таким образом, за счет сохранения при проведении рубок главного пользования подроста предварительной генерации, а также накопления подроста сопутствующей и последующей генераций чересполосно-постепенные рубки позволяют обеспечить восстановление темнохвойных насаждений на месте производных березняков.

При выборе вида рубок и технологии лесозаготовок очень важно до минимума снизить площадь технологических коридоров и погрузочных площадок, так как даже спустя 13 лет после рубки на них отсутствует подрост хвойных пород. Для снижения отрицательного воздействия лесозаготовительной техники на почву необходимо планировать проведение рубок в условиях ельника липнякового в зимний период при промерзшей почве и наличии снежного покрова. Последнее, помимо снижения отрицательного воздействия на почву, будет способствовать лучшему сохранению подроста ели при валке деревьев мягколиственных пород, находящихся в зимний период в необлиственном состоянии. После завершающего приема рубки на погрузочных площадках и на волоках должны создаваться частичные культуры ели.

Количество подроста через 8–13 лет после завершающего приема чересполосно-постепенных рубок

№ ПП	Состав подроста	Количество подроста по группам высот (м), шт./га / %							Средняя высота, м
		до 0,5	0,5–1,0	1,1–1,5	1,6–2,0	2,1–2,5	2,6–3,0	итого	
1	5,0Е	<u>1499</u>	<u>751</u>	<u>250</u>	<u>124</u>	–	<u>126</u>	<u>2750</u>	0,66
		54,4	27,3	9,1	4,5	–	4,6	100	
	5,0П	<u>251</u>	<u>127</u>	<u>627</u>	<u>502</u>	<u>1002</u>	<u>251</u>	<u>2760</u>	1,73
		9,1	4,6	22,7	18,2	36,3	9,1	100	
Итого	<u>1750</u>	<u>878</u>	<u>877</u>	<u>626</u>	<u>1002</u>	<u>377</u>	<u>5510</u>	1,20	
	31,8	15,9	15,9	11,4	18,2	6,8	100		
2	7,0 Е	<u>1304</u>	<u>327</u>	–	<u>108</u>	–	–	<u>1739</u>	0,44
		75,0	18,8	–	6,2	–	–	100	
	3,0П	<u>109</u>	<u>217</u>	–	<u>108</u>	<u>218</u>	<u>109</u>	<u>761</u>	1,14
		14,3	28,6	–	14,3	28,5	14,3	100	
Итого	<u>1413</u>	<u>544</u>	–	<u>216</u>	<u>218</u>	<u>109</u>	<u>2500</u>	0,65	
	56,5	21,8	–	8,6	8,8	4,3	100		
3	6,7Е	<u>1389</u>	<u>1109</u>	<u>556</u>	<u>276</u>	–	–	<u>3330</u>	0,71
		41,7	33,3	16,7	8,3	–	–	100	
	1,9П	<u>277</u>	<u>416</u>	<u>277</u>	–	–	–	<u>970</u>	0,75
		28,6	42,9	28,5	–	–	–	100	
1,4Б	<u>700</u>	–	–	–	–	–	<u>700</u>	0,25	
	100	–	–	–	–	–	100		
Итого	<u>2366</u>	<u>1525</u>	<u>833</u>	<u>276</u>	–	–	<u>5000</u>	0,65	
	47,3	30,5	16,7	5,5	–	–	100		
4	5,8Е	<u>1000</u>	<u>610</u>	<u>570</u>	<u>840</u>	<u>390</u>	<u>470</u>	<u>3880</u>	1,30
		25,8	15,7	14,7	21,6	10,1	12,1	100	
	2,6П	<u>50</u>	–	<u>420</u>	<u>830</u>	<u>300</u>	<u>120</u>	<u>1720</u>	1,74
		2,9	–	24,4	48,3	17,4	7,0	100	
1,6Б	–	<u>50</u>	<u>420</u>	<u>280</u>	<u>300</u>	<u>50</u>	<u>1100</u>	1,69	
	–	4,5	38,2	25,5	27,3	4,5	100		
Итого	<u>1050</u>	<u>660</u>	<u>1410</u>	<u>1950</u>	<u>990</u>	<u>640</u>	<u>6700</u>	1,48	
	15,7	9,9	21,0	29,1	14,8	9,5	100		
5	6,7Е	<u>500</u>	<u>400</u>	<u>550</u>	<u>1500</u>	<u>1050</u>	<u>300</u>	<u>4300</u>	1,61
		11,6	9,3	12,8	34,9	24,4	7,0	100	
	3,3П	<u>50</u>	<u>120</u>	<u>800</u>	<u>700</u>	<u>400</u>	<u>50</u>	<u>2120</u>	1,59
		2,4	5,7	37,7	33,0	18,9	2,4	100	
Итого	<u>550</u>	<u>520</u>	<u>1350</u>	<u>2200</u>	<u>1450</u>	<u>350</u>	<u>6420</u>	1,60	
	8,6	8,1	21,0	34,3	22,6	5,4	100		
6	4,3Е	<u>250</u>	<u>400</u>	<u>650</u>	<u>500</u>	<u>400</u>	<u>300</u>	<u>2500</u>	1,51
		10,0	16,0	26,0	20,0	16,0	12,0	100	
	3,1П	<u>50</u>	<u>550</u>	<u>500</u>	<u>400</u>	<u>300</u>	–	<u>1800</u>	1,35
		2,8	30,6	27,8	22,2	16,6	–	100	
2,6Б	–	<u>350</u>	<u>400</u>	<u>400</u>	<u>300</u>	<u>50</u>	<u>1500</u>	1,51	
	–	23,3	26,7	26,7	20,0	3,3	100		
Итого	<u>300</u>	<u>1250</u>	<u>1550</u>	<u>1350</u>	<u>1000</u>	<u>350</u>	<u>5800</u>	1,46	
	5,2	21,6	26,7	23,3	17,2	6,0	100		

При планировании и проведении рубок в производных березовых древостоях с наличием подроста или второго яруса из темнохвойных пород очень важно иметь данные не только о товарной ценности березовой древесины и количественных показателях

имеющегося подроста, но и прогноз реакции этого подроста на удаление лиственного полога в зависимости от возраста. Для анализа хода роста подроста по высоте на каждой ППП было обмерено 30 экз. ели по 10 в каждой из следующих групп возраста: 21–40,

41–60 и 61–80 лет. Анализ полученных материалов показал, что во всех вариантах опыта наибольшим приростом по высоте после изреживания или удаления листового полога характеризуются деревья в возрасте 21–40 лет (табл. 4). При практически одинаковой величине прироста до рубки у деревьев этой возрастной группы уже в первое пятилетие после рубки различия в среднепериодическом приросте на контрольном и опытных участках достигли 8 см (47 %). Иными словами, достигнуто увеличение прироста по высоте почти в 1,5 раза. Аналогичная закономерность отмечается и у деревьев в возрасте 41–60 лет. При этом относительное превышение величины прироста на контрольном и опытных участках оказалось даже выше, чем у деревьев первой возрастной группы. Особо

следует отметить, что при проведении чересполосно-постепенных рубок положительная реакция у деревьев ели в возрасте 41–60 лет проявляется только спустя 10 лет после проведения первого приема рубки.

Прирост по высоте у деревьев ели в возрасте 61–80 лет после изреживания листового полога практически не отличался от такового на контроле, а на участках сплошнолесосечной рубки (ПП 10–12) деревья данной возрастной группы на момент проведения исследований отсутствовали.

Если по величине дополнительного прироста по высоте после изреживания или удаления листового полога лучшими оказались наиболее молодые деревья ели, то для показателей прироста по объему характерна обратная закономерность.

Т а б л и ц а 4

Прирост деревьев ели по высоте в зависимости от их возраста и давности проведения первого приема рубки

Номер ПП	Возраст деревьев, лет	Среднепериодический прирост по высоте по пятилетиям, см / %			
		до рубки	После рубки		
			1-е	2-е	3-е
Контроль	21–40	$14 \pm 0,7$ 100	$17 \pm 0,5$ 121	$30 \pm 0,6$ 214	$21 \pm 0,5$ 150
	41–60	$11 \pm 0,5$ 100	$15 \pm 0,3$ 136	$23 \pm 0,3$ 209	$17 \pm 0,3$ 154
	61–80	$10 \pm 0,3$ 100	$9 \pm 0,3$ 90	$11 \pm 0,3$ 110	$9 \pm 0,3$ 90
1–3	21–40	$17 \pm 0,4$ 100	$28 \pm 0,5$ 165	$29 \pm 0,4$ 171	$35 \pm 0,7$ 206
	41–60	$15 \pm 0,4$ 100	$16 \pm 0,4$ 107	$19 \pm 0,3$ 127	$39 \pm 0,8$ 260
	61–80	$7 \pm 0,3$ 100	$6 \pm 0,3$ 86	$5 \pm 0,3$ 71	$6 \pm 0,3$ 86
4–6	21–40	$15 \pm 0,8$ 100	$25 \pm 0,2$ 166	$24 \pm 0,5$ 160	$28 \pm 0,3$ 187
	41–60	$12 \pm 0,7$ 100	$12 \pm 0,3$ 100	$15 \pm 0,4$ 125	$30 \pm 0,7$ 250
	61–80	$9 \pm 0,5$ 100	$8 \pm 0,5$ 89	$9 \pm 0,3$ 100	$7 \pm 0,3$ 78
7–9	21–40	$15 \pm 0,7$ 100	$23 \pm 0,5$ 153	$36 \pm 0,5$ 240	Нет данных
	41–60	$12 \pm 0,5$ 100	$27 \pm 0,7$ 159	$31 \pm 0,3$ 182	Нет данных
	61–80	$9 \pm 0,3$ 100	$10 \pm 0,4$ 111	$9 \pm 0,3$ 100	$8 \pm 0,4$ 89
10–12	21–40	$16 \pm 0,4$ 100	$21 \pm 0,7$ 131	$31 \pm 0,4$ 194	$29 \pm 0,3$ 181
	41–60	$12 \pm 0,3$ 100	$17 \pm 0,5$ 141	$33 \pm 0,5$ 275	$24 \pm 0,5$ 200

Последнее свидетельствует о преимуществе равномерно-постепенных и чересполосно-постепенных рубок над сплошнолесосечными, при которых сохранение деревьев ели в возрасте 61–80 лет проблематично.

Вопросы формирования подроста последующей генерации во многом определяются развитием живого напочвенного покрова (ЖНП). В процессе исследований определялись видовой состав и надземная фитомасса ЖНП на различных элементах вырубki и под пологом контрольного производного березняка в условиях ельника липнякового.

Известно, что наиболее существенное влияние на почву лесозаготовительная техника оказывает на погрузочных площадках и трелевочных волоках. В последнем случае влияние трелевочных механизмов также неоднозначно. Более значительное уплотнение почвы наблюдается по колеям волока и значительно меньшее воздействие испытывает гребень волока. Воздействие трелевочных механизмов на пасеке практически отсутствует, однако некоторое нарушение почвенного покрова наблюдается в результате трелевки хлыстов.

Выводы

1. При наличии под пологом производных березовых древостоев второго яруса или благонадежного подроста из ели и пихты в количестве 3-4 тыс. экз./га можно обеспечить переформирование насаждений в хвойные,

при соблюдении лесоводственных требований к проведению лесосечных работ, даже сплошнолесосечными рубками.

2. Изреживание или удаление листовенного полога оказывает положительное влияние на прирост деревьев ели по высоте в возрасте до 60 лет. Большой пластичностью характеризуются более молодые деревья ели и пихты.

3. В целях снижения отрицательного воздействия лесозаготовительной техники на почву рубки желательны проводить при промерзшей почве и наличии снежного покрова.

4. Замена сплошнолесосечных рубок равномерно-постепенными и чересполосно-постепенными позволили не только обеспечить непрерывность выполнения насаждениями защитных функций, но и сохранить для дальнейшего выращивания тонкомер ели в возрасте 61–80 лет.

Библиографический список

1. Колесников, Б.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области / Б.П. Колесников, Р.С. Зубарева, Е.П. Смолоногов – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1923. – 176 с.
2. Помазнюк, В.А. Лесоводственная оценка пасечной технологии лесосечных работ на базе новой техники / В.Н. Помазнюк, Е.Г. Поздеев // Лесное хозяйство. – 1985. – № 2. – С. 28–30.
3. Помазнюк, В.А. Руководство по технологии и организации лесосечных работ чересполосно-постепенных рубок в лесах первой группы Урала / В.А. Помазнюк, Е.Г. Поздеев. – Екатеринбург, 1987. – 17 с.

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ОДНОВОЗРАСТНЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В ПЕРВЫЕ ГОДЫ ЖИЗНИ НА ОДНОРОДНОМ СУБСТРАТЕ

В.М. СОЛОВЬЕВ, доц. каф. лесной таксации и лесоустройства УГЛТУ, д-р с.-х. наук,
О.Н. САННИКОВА, асп. каф. лесной таксации и лесоустройства УГЛТУ,
М.В. СОЛОВЬЕВ, асп. каф. лесной таксации и лесоустройства УГЛТУ

Рост и дифференциация древесных растений в первые годы жизни на однородном почвенном субстрате лесных питомников слабо изучены, поскольку само понятие «дифференциация» деревьев до сих пор не получило надежного научного обоснования. По ГОСТ 18486-73 под дифференциацией деревьев предлагается понимать расчленение деревьев

в древостоях по росту и развитию в процессе естественного изреживания. Применение этого термина к уже сложившемуся древостою, увязка его с изреживанием и развитием деревьев затрудняет изучение дифференциации как процесса, который протекает в группировках из одних и тех же растений с момента их появления и до отмирания. При этом разделять

деревья по развитию, особенно в молодняках, из-за отсутствия морфологически выраженных признаков очень трудно.

Мы рассматриваем дифференциацию совместно произрастающих древесных растений как возрастные изменения различий их ростовых признаков и подразделяем ее на эндогенную (внутриорганизменную) и межиндивидуальную [4]. В качестве показателя эндогенной дифференциации древесных растений по высоте и диаметру использовалась относительная высота ($h/d_{0,5}$), а результаты межиндивидуальной дифференциации оценивались рядами процентного распределения особей по ступеням и относительных значений признаков по рангам [1].

Целью данной работы было выявление особенностей роста и дифференциации одновозрастных древесных растений разных видов в условиях питомников для оценки последующей их трансформации при образовании и формировании молодых древостоев.

Объектами изучения послужили сеянцы и саженцы сосны обыкновенной, сосны и ели сибирских разного возраста и условий местопроизрастания. Для наблюдений в подзоне южной тайги Среднего Урала заложено 8 опытных участков, на которых проведено свыше 5 тыс. различных измерений и взято для анализа 100 моделей.

Рост, размеры и состояние древесных растений, произрастающих в первые годы их жизни на однородном почвенном субстрате, зависят в основном от их наследственных свойств, что в свое время хорошо было показано в опытах Г.Ф. Морозова [1930] с посевом семян сосны одинакового веса в однородную среду из выщелоченного кварцевого песка. Индивиду-

альные особенности оказывают определяющее влияние на рост и дифференциацию сеянцев.

В табл. 1 представлены ряды процентного распределения сеянцев сосны по десяти условным ступеням значений признаков. Двухлетние сеянцы в вар. 1, 2 были выращены соответственно на серых лесных и дерново-подзолистых почвах, а однолетки сосны вар. 3, 4 – в открытом и закрытом (пленкой) грунтах.

На тех и других почвах процентное распределение сеянцев по диаметру практически одинаково и характеризуется правой косостью. По высоте же, при правой асимметрии, такого соответствия не наблюдается.

Процентное распределение однолетних сеянцев открытого грунта по ступеням высоты и диаметра характеризуется правой асимметрией и различиями в эксцессе распределений по этим признакам – он значительно выше по высоте, чем по диаметру. Крутость рядов распределения по высоте двухлетних сеянцев на подзолистых почвах выше, чем на серых лесных, а у однолеток больше в открытом грунте, чем в закрытом. Процентное распределение по толщине однолетних сеянцев открытого грунта отличается правой косостью, а в закрытом грунте оно симметрично. Соответственно коэффициенты дифференциации диаметров из открытого грунта к закрытому меняются с 50 % до 41 %, а коэффициенты изменчивости – с 44 % до 30 %.

Отсюда следует вывод, что при существенном улучшении условий произрастания ускоряется рост сеянцев в толщину, снижается их изменчивость и дифференциация по диаметру, а с повышением возраста, по мере отпада ослабленных в росте особей, распределение сеянцев приближается к нормальному.

Т а б л и ц а 1

Процентное распределение сеянцев сосны по условным ступеням толщины и высоты

Варианты	Процент числа сеянцев в ступенях толщины (числитель) и высоты (знаменатель)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Итого
1	<u>8</u>	<u>10</u>	<u>26</u>	<u>13</u>	<u>18</u>	<u>13</u>	<u>10</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>2</u>	<u>100</u>
	8	13	14	16	12	12	10	9	3	3	100
2	<u>8</u>	<u>10</u>	<u>21</u>	<u>17</u>	<u>18</u>	<u>12</u>	<u>8</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	<u>100</u>
	8	21	15	27	12	12	2	2	0	1	100
3	<u>15</u>	<u>10</u>	<u>12</u>	<u>22</u>	<u>22</u>	<u>8</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>100</u>
	3	20	0	39	0	24	0	13	0	1	100
4	<u>4</u>	<u>9</u>	<u>15</u>	<u>13</u>	<u>22</u>	<u>12</u>	<u>18</u>	<u>4</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>100</u>
	11	18	21	20	12	11	4	2	0	1	100

Ранжированные ряды абсолютных и относительных признаков семян сосны

Показатели	Абсолютные (числитель) и относительные (знаменатель) значения признаков семян по рангам											
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Вариант 1												
h	<u>5,0</u> 5,1	<u>5,8</u> 5,9	<u>6,5</u> 6,7	<u>7,0</u> 7,2	<u>7,8</u> 8,0	<u>8,5</u> 8,7	<u>9,1</u> 9,3	<u>10,1</u> 10,3	<u>10,8</u> 11,1	<u>12,0</u> 12,3	<u>15,0</u> 15,4	
$d_{0,5}$	<u>0,7</u> 3,1	<u>1,0</u> 4,7	<u>1,3</u> 5,9	<u>1,5</u> 6,5	<u>1,6</u> 7,2	<u>1,8</u> 8,1	<u>2,1</u> 9,3	<u>2,3</u> 10,1	<u>2,5</u> 11,3	<u>2,9</u> 12,8	<u>4,5</u> 20,1	
$h/d_{0,5}$	<u>7,1</u> 13,6	<u>5,5</u> 10,5	<u>5,0</u> 9,4	<u>4,8</u> 9,1	<u>4,8</u> 9,1	<u>4,7</u> 9,0	<u>4,4</u> 8,4	<u>4,5</u> 8,4	<u>4,4</u> 8,4	<u>4,2</u> 7,9	<u>3,3</u> 6,3	
Вариант 2												
h	<u>3,0</u> 3,5	<u>3,9</u> 4,6	<u>4,5</u> 5,3	<u>5,4</u> 6,3	<u>6,8</u> 7,9	<u>7,4</u> 8,6	<u>7,7</u> 9,0	<u>8,3</u> 9,7	<u>9,8</u> 11,4	<u>10,7</u> 12,5	<u>18,0</u> 21,13	
$d_{0,5}$	<u>0,2</u> 1,1	<u>0,5</u> 2,8	<u>0,8</u> 4,6	<u>1,0</u> 5,6	<u>1,2</u> 6,7	<u>1,5</u> 8,2	<u>1,7</u> 9,4	<u>1,9</u> 10,7	<u>2,3</u> 12,5	<u>2,8</u> 15,7	<u>4,1</u> 22,8	
$h/d_{0,5}$	<u>15,0</u> 22,6	<u>7,8</u> 11,8	<u>5,4</u> 8,2	<u>5,4</u> 8,2	<u>5,6</u> 8,5	<u>5,0</u> 7,5	<u>4,5</u> 6,8	<u>4,3</u> 6,5	<u>4,3</u> 6,5	<u>3,8</u> 5,7	<u>5,2</u> 7,8	
Вариант 3												
h	<u>2,0</u> 5,2	<u>2,4</u> 6,2	<u>2,7</u> 6,9	<u>2,8</u> 7,3	<u>2,9</u> 7,5	<u>3,1</u> 7,9	<u>3,2</u> 8,1	<u>3,6</u> 9,2	<u>4,5</u> 11,7	<u>4,6</u> 11,8	<u>7</u> 18,0	
$d_{0,5}$	<u>0,1</u> 2,2	<u>0,1</u> 2,2	<u>0,1</u> 2,2	<u>0,3</u> 6,1	<u>0,4</u> 7,8	<u>0,4</u> 8,9	<u>0,5</u> 9,8	<u>0,5</u> 10,7	<u>0,6</u> 12,2	<u>0,7</u> 14,1	<u>1,1</u> 23,9	
$h/d_{0,5}$	<u>20</u> 23,3	<u>3,3</u> 3,8	<u>10,0</u> 11,6	<u>1,2</u> 1,40	<u>8,1</u> 9,41	<u>7,5</u> 8,7	<u>7,0</u> 8,2	<u>7,3</u> 8,5	<u>8,1</u> 9,4	<u>7,1</u> 8,2	<u>6,4</u> 7,4	
Вариант 4												
h	<u>4,0</u> 5,1	<u>4,5</u> 5,8	<u>5,0</u> 6,4	<u>5,5</u> 7,1	<u>6,1</u> 7,8	<u>6,5</u> 8,4	<u>6,9</u> 8,9	<u>7,5</u> 9,6	<u>8,5</u> 10,9	<u>9,5</u> 12,2	<u>14,0</u> 18,0	
$d_{0,5}$	<u>0,5</u> 3,3	<u>0,8</u> 5,1	<u>0,9</u> 6,2	<u>1,0</u> 7,0	<u>1,2</u> 8,1	<u>1,3</u> 8,8	<u>1,5</u> 9,8	<u>1,6</u> 10,4	<u>1,8</u> 11,8	<u>1,8</u> 12,3	<u>2,6</u> 17,4	
$h/d_{0,5}$	<u>8,0</u> 13,5	<u>5,9</u> 10,0	<u>5,4</u> 9,1	<u>5,3</u> 8,9	<u>5,0</u> 8,4	<u>5,0</u> 8,4	<u>4,7</u> 8,0	<u>4,8</u> 8,0	<u>4,8</u> 8,1	<u>5,1</u> 8,7	<u>5,4</u> 9,1	

Для оценки роста и дифференциации в табл. 2 приведены ряды абсолютных и относительных значений признаков семян.

Сеянцы на серых лесных почвах отличаются от семян на дерново-подзолистых почвах лучшим ростом по высоте и диаметру, но меньшей изменчивостью диаметров и относительных высот. Быстрее растут и характеризуются меньшими показателями изменчивости и дифференциации сеянцы под пленкой по сравнению с сеянцами открытого грунта.

В соответствии с эколого-биологическими свойствами сосны обыкновенной, сосны и ели сибирской происходит рост молодых растений этих видов. По мере повышения интенсивности роста названные виды располагаются в следующей последовательности: ель и сосна сибирские, сосна обыкновенная. Различия в росте доказаны двумя способами – сравнением средних значений показателей с ошибками и ранжированным методом. Осо-

бенности структуры группировок молодых древесных растений хорошо передаются рядами и статистиками распределения особей по условным ступеням диаметра ($d_{0,5}$) и высоты (h), о чем можно судить по данным табл. 3. Изменчивость древесных растений по высоте выше, чем по диаметру. Между тем, как известно, в формирующихся древостоях наблюдается противоположная картина – вариативность диаметров выше, чем высот.

Как и в молодняках, изменчивость семян и саженцев меняется в пределах от 23 % до 58 % по диаметру и от 27 % до 40 % по высоте. С повышением возраста растений их дифференциация усиливается. В большинстве случаев распределение молодых древесных растений по ступеням ростовых признаков характеризуется положительной косостью, и в этом прослеживается их сходство с деревьями в формирующихся молодых древостоях (рисунок а, б).

Статистические характеристики рядов распределения древесных растений по условным ступеням толщины ($d_{0,5}$) и высоты (h)

Вид и возраст растений	Значение статистических характеристик											
	Средние значения (\bar{X})		Отклонение (σ)		Коэффициенты				Меры			
					изменчивости (V)		дифференциации (V_d)		косости		крутости	
	$d_{0,5}$	h	$d_{0,5}$	h	$d_{0,5}$	h	$d_{0,5}$	h	$\alpha \pm \sigma_\alpha$	h	$d_{0,5}$	h
Ель, 2 года	3,0	4,5	1,2	1,5	24,8	26,1	38,9	33,6	1,221± 0,114	0,422± 0,114	3,651± 0,220	0,273± 0,220
Ель, 5 лет	4,1	4,2	1,9	2,0	35,9	31,1	40,7	46,3	0,475± 0,114	0,752± 0,114	0,591± 0,228	0,158± 0,228
Кедр, 15 лет	5,1	5,4	1,8	1,9	29,0	37,0	34,0	35,1	0,015± 0,151	-0,262 ±0,151	-0,203 ±0,302	-0,383 ±0,302

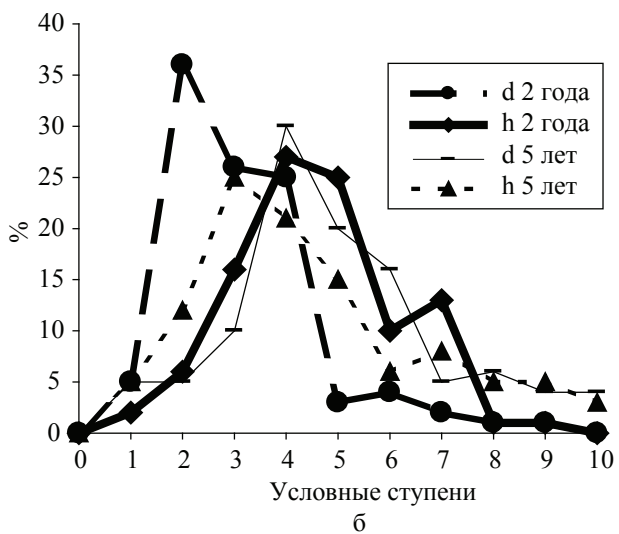
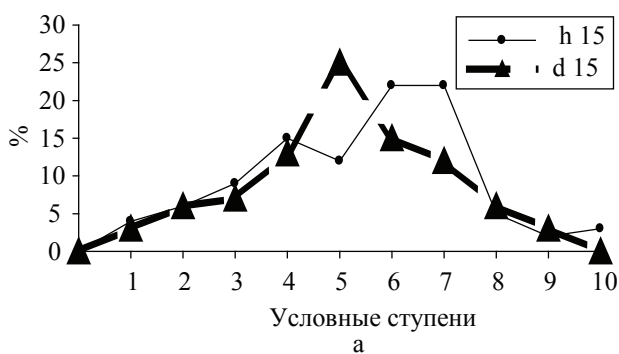


Рисунок. Многоугольники распределения сеянцев по условным ступеням диаметра (d) и высоты (h): а) ели сибирской возрастом два года и пять лет; б) 15-летней сосны сибирской

Однако распределения по диаметру и высоте различны. У ели распределение сеянцев по диаметру положительно асимметрично, а по высоте приближается к нормальному. У пятилетней ели соотношение иное – более асимметрично распределение по высоте, чем

по диаметру. Отрицательной асимметрией распределения по высоте отличаются 15-летние растения сосны сибирской, но по толщине оно симметричное.

Воздушно-сухая фитомасса сеянцев закономерно повышается от низших ступеней толщины к высшим, увеличивается доля подземной и снижается доля надземной части. Лишь у однолетних сеянцев под полиэтиленовым покрытием эта закономерность четко не просматривается. В целом у двухлетних и однолетних сеянцев на серых лесных почвах процентное соотношение надземной и подземной частей составляет 75 % и 25 %, на подзолистых – 80 % и 20 %, а у однолетних сеянцев в открытом грунте и теплице соответственно 75 % и 25 %; 70 % и 30 %.

При изучении роста сеянцев и саженцев ели и сосны сибирских установлено [4], что изменчивость древесных растений по высоте часто выше, чем по диаметру, чего не наблюдается в формирующихся молодняках.

С повышением возраста растений их дифференциация усиливается. В большинстве случаев распределение молодых древесных растений по ступеням признаков характеризуется положительной косостью, и в этом прослеживается их сходство с деревьями в формирующихся молодых древостоях. Однако эти распределения по диаметру и высоте в зависимости от вида и возраста древесных растений различны. У ели распределение сеянцев по диаметру положительно асимметрично, по высоте приближается к нормальному, а у пятилетней ели более асимметрично распределение

по высоте, чем по диаметру. Отрицательной асимметрией распределения по высоте отличаются 15-летние растения сосны сибирской, но по толщине оно симметрично

Как и в формирующихся молодых древостоях, связь между диаметрами и высотами сеянцев прямая и тесная, но между относительной высотой ($h/d_{0,5}$) и диаметром ($d_{0,5}$) умеренная, а в ряде случаев и слабая. Связь отношения $h/d_{0,5}$ с величинами, ее составляющими, у сеянцев неустойчивая и характеризуется минимальными значениями корреляционных отношений.

Эндогенная дифференциация сеянцев проявляется в изменениях не только высоты и диаметра, но и других признаков частей и органов растений.

Отношение длины стебля к длине корней с повышением ранга особей сосны и ели увеличивается, причем у ели указанные соотношения выше, чем у сосны. Менее четко выражено изменение в этом направлении соотношения масс надземной и подземной частей. У ели это соотношение более близко к оптимальному, чем у сосны. В целом дифференциация ели по большинству показателей выше, чем у сосны, что подтверждается значительными относительными значениями признаков по рангам, более высокими значениями $h/d_{0,5}$, коэффициентов изменчивости и дифференциации.

Вышеизложенное позволяет сделать следующие обобщения.

Рост и дифференциация древесных растений разных видов в первые годы жизни

на однородном субстрате происходит в соответствии с их эколого-биологическими свойствами и условиями окружающей среды. В одних и тех же эдафических условиях ель от сосны отличается замедленным ростом и более высокими значениями показателей дифференциации. Для таких древесных растений в первые годы характерны более или менее пропорциональный рост в высоту и по диаметру и слабая связь этих признаков с относительной высотой ($h/d_{0,5}$) как показателем их эндогенной дифференциации. У сеянцев и саженцев с раннего возраста проявляется наследуемая тесная связь высот и диаметров, которая сохраняется и в формирующихся древостоях.

Показатели дифференциации в сочетании с другими признаками могут быть использованы для оценки состояния древесных растений в группировках разного возраста, состава и структуры, при отборе стандартного посадочного материала в лесных питомниках.

Библиографический список

1. Высоцкий, К.К. Закономерности строения смешанных древостоев / К.К. Высоцкий. – М.: Гослесбумиздат, 1962. – 178 с.
2. ГОСТ 18486-73 Лесоводство: термины и определения. – М.: Госкомитет стандартов Совмина СССР, 1973. – 13 с.
3. Морозов, Г.Ф. Учение о лесе / Г.Ф. Морозов. – М., Л.: Сельхозгиз, 1930. – 440 с.
4. Соловьев, В.М. Морфология насаждений / В.М. Соловьев. – Екатеринбург: УГЛТА, 2001. – 154 с.
5. Соловьев, В.М. Закономерности структуры группировок одновозрастных древесных растений в первые годы жизни / В.М. Соловьев, А.А. Жульков // Леса Урала и хозяйства в них. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2005. – № 26. – С. 29–32.

ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЕ ОСНОВЫ РУБОК УХОДА ПО ТИПАМ СТРОЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ДРЕВОСТОЕВ

В.М. СОЛОВЬЕВ, доц. каф. лесной таксации и лесоустройства УГЛТУ, д-р с.-х. наук,
М.В. СОЛОВЬЕВ, асп. каф. лесной таксации и лесоустройства УГЛТУ,
О.Н. САННИКОВА, асп. каф. лесной таксации и лесоустройства УГЛТУ

Естественную основу саморазвития ценопопуляций древесных видов – формирования древостоев составляют рост, дифференциация и самоизреживание деревьев. В этой связи, как отмечал П.П. Серебренников [1904] еще в начале прошлого столетия, научную классификацию типов насаждений не-

обходимо разрабатывать с учетом процессов роста и дифференциации деревьев.

В действующем наставлении по рубкам ухода в лесах Урала [1994] не предусмотрено строгое разделение деревьев по относительному положению и состоянию, перспективам дальнейшего роста и развития,

что не позволяет в должной мере учитывать особенности пространственной и размерной структуры древостоев, характер взаимоотношений сближенных древесных растений, а в конечном итоге оптимизировать состав и строение, ускорять рост и улучшать качество древостоев. Для успешного комплексного решения этих задач и оценки результатов дифференциации деревьев разделение последних на лучшие, вспомогательные и нежелательные явно недостаточно, что подтверждается рекомендацией в том же наставлении, отбирать лучшие деревья главной породы I, II и III классов роста. Для более детальной и всесторонней оценки дерева целесообразно вначале разделять по какой-либо дробной классификации на классы роста, а в пределах каждого из них выделять категории деревьев по разным признакам. Такой подход обеспечивает наиболее полный учет своеобразия структуры (сложения) древостоев и зависящих от нее особенностей роста и дифференциации деревьев, определяющих конкретные параметры рубок ухода за лесом.

Для одновозрастных древостоев общепринятой считается классификация Крафта, которая неприменима в молодняках, разновозрастных и смешанных древостоях. Для указанных выше целей и древостоев разного состава и структуры предлагается следующая схема разделения деревьев по относительно-му положению и состоянию.

Для разделения деревьев по классам нужно соотносить их с ближайшими и всеми остальными деревьями. Положение каждого дерева в группе определяется по отношению к лучшим по росту и качеству деревьям верхнего полога. В древостоях с более или менее равномерным распределением деревьев по площади лучшие деревья намечаются исходя из принципа оптимальности их пространственного размещения. Такие деревья составляют I класс относительного положения. По размерам и перспективам дальнейшего свободного роста они могут подразделяться на группы А, Б, В и Г. Ко II, III и IV классам относятся деревья с вершинами, расположенными соответственно в пределах (на уровне) верхней, средней и нижней частей крон деревьев I класса. Деревья II, III, а при необходимости и IV классов по

положению вершин и состоянию крон подразделяются на три подкласса: а – с вершинами в кронах, б – с открытыми для верхнего света вершинами и кронами, сжатыми с одной или нескольких сторон, в – относительно свободно растущие. Деревья с вершинами под пологом деревьев I–III классов следует относить к V классу. По состоянию дерева каждого класса и подкласса подразделяются на жизнеспособные (ж), сомнительные (с), отмирающие (о) и мертвые (м).

Особое значение эта классификация имеет как инструмент, регламентирующий порядок отбора деревьев при организации рубок ухода разного целевого назначения. Соотношение в показателях и представленности деревьев разных классов объективно отражает особенности структуры древостоев и результаты дифференциации деревьев, что позволяет использовать классификацию для изучения и выделения типов строения и формирования древостоев.

Тип формирования – это объединение в однородных лесорастительных условиях участков леса с древостоями, возникшими при одинаковом характере возобновления леса, сходных по строению и его возрастной динамике [6].

Изучение типов формирования на Урале начато с выделения на вырубках Е.П. Смолоноговым [1960] типов лесовосстановления, В.М. Соловьевым [1962] типов формирования смешанных молодняков, С.Н. Санниковым [1970] экологических рядов возобновления и развития леса. В Восточной Сибири типы сосново-лиственных молодняков исследовал А.И. Бузыкин [1971], а на Европейском Севере особое внимание изучению типов формирования сосняков уделил В.Ф. Цветков [2002].

При организации рубок ухода по типам формирования на отводимой территории нужно закладывать линейные пробные площади с разделением их на таксационные участки по типам строения древостоев. На каждом выделе с применением классификаций деревьев должна иллюстрироваться техника качественного выполнения и устанавливаться показатели рубок ухода за лесом.

Ниже, на примере двух участков с естественными и искусственными древос-

тоями сосняка ягодникового Билимбаевского лесхоза Свердловской области, показаны распределения оставляемых и вырубаемых деревьев разных древесных пород по классам относительного положения и различия в показателях рубок ухода древостоев двух типов формирования.

Первый участок расположен в нижней части западного склона с темно-серыми лесными оподзоленными легкосуглинистыми свежими почвами. Он представлен высокополнотными 50-летними древостоями сосняка ягодникового II класса бонитета составом 10С ед. Б. В верхних и нижних половинах участка выделена пара смежных опытных секций для рубок разной интенсивности. Между ними оставлены контрольные секции общей площадью 1,5 га. Интенсивность проходных рубок в секциях по запасу и числу деревьев соответственно составила в %: 1а – 26 и 48; 1б – 13 и 38; 1в – 19 и 47 и 1г – 14 и 36. При такой выборке полноты древостоев по секциям менялись в следующих пределах: 1а – 1,0 до 0,7; 1б – 0,9 до 0,7; 1в – 0,8 до 0,6 и 1г – от 0,8 до 0,7.

Участок четвертый характеризуется относительно ровной поверхностью с темно-серыми лесными оподзоленными легкосуглинистыми почвами. Древостои представляют собой рядовые сомкнувшиеся 20-летние культуры сосны, созданные посадкой сеянцев в дно борозд под меч Колосова на вырубках сосняка ягодникового II класса бонитета. Интенсивность ухода в культурах составила по запасу 20 %, а по числу деревьев 40 %, полнота снижена с 1,0 до 0,8.

В абсолютно разновозрастных культурах процессы взаимодействия и дифференциации деревьев иные, чем в естественных древостоях, что подтверждается своеобразием распределения этих деревьев по классам и подклассам относительного положения, предопределяющего характер и интенсивность рубок.

Влияние рубок ухода, выполненных с применением классификации деревьев разных классов и категорий роста, на изменение показателей 50-летних и 20-летних древостоев участков 1 и 4 отражено в табл. 1.

Четко проявляется связь интенсивности ухода с исходной густотой древостоев. От этих показателей зависит и распределение оставляемых и вырубаемых деревьев по классам относительного положения (табл. 2).

Минимальный процент вырубki деревьев связан с удалением в первую очередь деревьев отставших и бесперспективных в росте IV и V классов, а разная интенсивность рубки влияет на изменение доли участия деревьев I–III классов, что и подтверждается данными табл. 2 (секция 1г). Если при средней интенсивности рубки основная доля вырубаемых деревьев приходится на III класс (84,9 %), то при сильной – на I и II классы (64,5 %), при этом процент вырубаемых деревьев IIIа, IIа и IIб подкласса с повышением интенсивности рубок возрастает более чем в 2 раза. В другой части выдела (секция 1а) интенсивный уход проведен в основном за счет удаления деревьев III и II классов (77 %).

Т а б л и ц а 1

Изменение рубками ухода таксационной характеристики древостоев сосняка ягодникового

Секции	Показатели древостоев до (1) и после (2) рубок ухода							
	Число растущих деревьев, тыс. на 1 га		Средний диаметр, см		Средняя высота, м		Запас, м ³ на 1 га	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Участок 1. Естественные 50-летние древостои								
1а	1,7	0,9	16	21	21	24	367	273
1б	1,8	1,1	15	18	20	22	306	266
1в	2,2	1,2	13	16	18	20	252	204
1г	1,6	1,0	16	18	21	22	290	250
Участок 4. Искусственные 20-летние древостои								
4а	3,7	2,1	10	12	9	9	152	121

Т а б л и ц а 2

Распределение вырубаемых деревьев сосны по классам относительного положения при рубках ухода высокой и средней интенсивности

Вариант	Интенсивность ухода	Число деревьев в классах и подклассах, %									
		I	II			итого	III			итого	всего
			а	б	в		а	б	в		
1а	Высокая	7,5	1,8	13,0	7,2	22	5,1	32,5	32,9	70,5	100
1г	Высокая	36,0	9,1	18,5	1,9	29,5	25,2	8,1	1,2	34,5	100
	Средняя	2,2	4,3	8,6	0	12,9	10,8	65,6	8,5	84,9	100

Т а б л и ц а 3

Таксационная характеристика 50-летних лиственно-хвойных древостоев, формирующихся на рубках сосняка ягодникового

Порода	Показатели древостоев до (1) и после (2) рубок ухода										Интенсивность ухода, %	
	Число растущих деревьев на 1 га		Средний диаметр, см		Средняя высота, м		Точность опыта		Запас, м ³ на 1 га		по числу деревьев	по запасу
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
Вариант 2а												
Сосна	325	225	15	20	17	21	0,28	0,22	87,0	78,7	31,0	9,5
Пихта	169	166	8	8	8	8	0,04	0,04	4,4	4,3	1,8	2,3
Ель	572	551	12	12	13	13	0,22	0,21	36,1	35,6	3,7	1,3
Осина	289	38	16	13	18	15	0,17	0,03	40,0	3,4	87,0	91,5
Береза	448	131	16	13	18	15	0,33	0,07	79,5	13,5	70,8	83,1
Итого	1803	1111	–	–	–	–	1,04	0,57	246,1	135,4	–	–
Вариант 3а												
Сосна	13	93	9	16	10	18	0,08	0,06	18,4	16,5	30,0	10,1
Пихта	587	470	10	10	12	12	0,14	0,13	18,1	17,9	0,5	0,5
Ель	397	390	7	7	7	7	0,08	0,08	7,7	7,5	1,2	0,2
Осина	406	70	14	17	16	20	0,31	0,05	74,4	15,0	80,2	81,5
Береза	567	340	13	13	15	16	0,38	0,20	69,9	16,5	54,1	55,9
Итого	1970	1363	–	–	–	–	1,09	0,52	188,5	73,4	–	–

Таким образом, в пространственно неоднородных по строению частях древостоя его оптимизация может быть выполнена за счет удаления деревьев разных классов и категорий роста, что лишним раз подчеркивает необходимость разделения насаждений на пространственно однородные участки педерелы как элементарные внутрипопуляционные ячейки для последующей регуляции взаимоотношений между растениями.

Участки 2 и 3 характеризуются относительно ровной поверхностью, темно-серыми лесными оподзоленными и суглинистыми почвами. Смешанные естественные древостои из сосны, ели, пихты, березы и осины возникли на месте рубки древостоев сосняка

ягодникового II класса бонитета. На участке 2 (табл. 3, вар. 2а) преобладают 50-летняя сосна и другие хвойные, а на участке 3 (табл. 3, вар. 3а) – лиственные (береза и осина).

Эти варианты представляют разные типы древостоев. В первом случае соотношение хвойных и лиственных пород по запасу и числу деревьев примерно одинаково (35С15Е2П32Б16Ос и 18С32Е9П25Б16Ос), во втором же по запасу преобладают лиственные (37Б39Ос10С10П4Е), а по числу стволов – хвойные (27Б25Ос6С28П14Е). Разные соотношения по численности, размерам и росту деревьев свидетельствуют о своеобразии формирования древостоев каждого из этих вариантов, а, следовательно, и о необходи-

мости неодинакового подхода к древостоям с рубками ухода. При классификации обеспечивается строгая последовательность отбора вырубаемых деревьев в соответствии с целевыми назначениями рубок, их интенсивностью и состоянием древесных растений.

Долевое распределение деревьев по породам, классам относительного положения для древостоев в целом и частям их – оставляемой и вырубаемой – представлено в табл. 4.

В рубку прежде всего назначаются деревья пониженных технических качеств, а также деревья, которые по своему относительному положению бесперспективны в росте. Их удаление способствует оптимизации пространственного размещения оставленных деревьев. С повышением интенсивности рубок ухода среди оставшихся закономерно увеличивается доля участия деревьев I–III классов.

Сосна. В опытных секциях сравниваемых вариантов насаждений процентное соотношение числа деревьев по классам различно – в вар. 2а в 3 раза больше деревьев I и II классов и меньше деревьев III класса, чем в вар. 3а. Этим подтверждаются существенные отклонения в структуре сосновых древостоев. Среди вырубаемых деревьев сосны в обоих случаях преобладают наиболее отстающие в росте экземпляры V класса (73 %). Интенсивность рубки была одинакова по запасу и числу деревьев в том и другом случаях и составила соответственно 10 и 30 %. Однако структура оставляемой части больше изменилась в вар. 2а за счет резкого увеличения доли участия деревьев I класса. Выборка деревьев из всех классов варианта 3а привела к менее выраженным изменениям строения древостоя.

Ель. В вар. 2а преобладали деревья I и IV классов, а в вар. 3а – только деревья V класса, т.е. строение того и другого древостоев было неодинаковым. Различны по структуре были и вырубаемые части: в первом случае эта часть включала в основном деревья IV и V классов, а во втором – III и IV классов. Рубки значительно не изменили строение древостоев, что подтверждается сходством долевого соотношения деревьев по классам

относительного положения до и после рубок ухода. Интенсивность рубки ели по запасу и числу деревьев составляла в вар. 2а соответственно 1,3 и 3,7, а в вар. 3а – 2,9 и 1,8 %.

Пихта. Различия в строении древостоев пихты проявляются в III–V классах: в вар. 2а деревьев III и IV классов в 2 раза больше, а деревья V класса на 12 % меньше, чем в вар. 3а. Вырубаемые деревья представлены деревьями частично IV, а в основном V класса. В оставляемых частях сравниваемых древостоев процентное соотношение деревьев заметно меняется лишь в I–III классах относительного положения.

Т а б л и ц а 4

Распределение деревьев по классам относительного положения в 50-летних лиственно-хвойных древостоях, на вырубках сосняка ягодникового

Вариант	Части древостоев: оставляемая (О), вырубаемая (В)	Доля участия по классам, %				
		I	II	III	IV	V
Сосна						
2а	О	73,0	8,1	8,1	5,4	5,4
	В	1,0	1,1	3,2	21,3	74,4
	О+В	32,7	4,1	5,4	14,3	43,5
3а	О	17,9	3,6	21,4	14,3	42,8
	В	3,9	–	11,5	11,5	73,1
	О+В	11,0	1,9	16,7	13,0	57,4
Пихта						
2а	О	2,0	–	6,3	27,1	64,6
	В	–	–	–	20,0	80,0
	О+В	4,0	1,0	6,0	24,0	65,0
3а	О	5,0	2,0	4,3	14,2	74,5
	В	–	–	–	6,9	93,1
	О+В	4,1	1,8	3,5	13,0	77,6
Ель						
2а	О	10,0	–	4,4	23,1	52,5
	В	–	–	–	28,6	71,4
	О+В	8,8	–	3,9	23,8	63,5
3а	О	4,3	–	3,4	1,7	90,6
	В	–	–	8,3	–	91,7
	О+В	3,9	–	3,9	1,5	90,7
Береза						
2а	О	44,7	7,9	5,3	21,1	21,0
	В	43,3	10,1	6,7	11,7	28,3
	О+В	44,8	6,3	10,5	23,0	15,4
3а	О	35,3	2,9	5,9	18,6	37,3
	В	27,1	2,5	17,3	24,7	28,4
	О+В	27,6	5,7	7,0	16,7	43,0

Интенсивность выборки по запасу и числу деревьев составила в вар. 2а соответственно 2,3 и 1,8, а в вар. 3а – 1,2 и 2,9 %.

Береза. В рубку назначались в первую очередь наиболее крупные деревья лиственных пород, отрицательно влияющие на ближайшие особи хвойных видов. Однако и в этом случае использовались классы относительного положения.

Различия в классовой структуре сравниваемых вариантов насаждений четко просматриваются по древостоям и их частям – оставляемой и вырубаемой. Интенсивность рубки березы по запасу и числу деревьев в вар. 2а составила 83 и 71, а в вар. 3а – 45 и 40 %.

В работе показано, как с учетом сложившейся при возобновлении леса структуры древостоев, эколого-биологических свойств и результатов дифференциации древесных растений при совместном произрастании разделять деревья на классы и категории относительного положения и состояния, определять по ним показатели рубок промежуточного пользования, выявлять и формировать типы древостоев оптимальной структуры.

Анализ результатов опытных рубок ухода в различных по составу и структуре древостоях позволяет сделать следующие выводы:

1) для повышения технического уровня ведения лесного хозяйства необходимы переход на таксацию леса и уход за ним по типам строения и формирования древостоев с использованием классификации деревьев по относительному положению;

2) применение в лесном хозяйстве единой динамической классификации деревьев по относительному положению в сочетании с их хозяйственными признаками позволяет унифицировать способы учета леса и методы оценки его состояния, разделять древостои на типы, определять строки и порядок отбора оставляемых и вырубаемых деревьев, организовать контроль за качеством рубок и отказаться частично или полностью от клеймения деревьев;

3) интенсивность рубок ухода нужно контролировать не снижением полноты древостоя, а прежде всего числом и запасом вырубаемых деревьев определенных видов, классов и подклассов в зависимости от целевого назначения рубок и возможностей хозяйства;

4) дифференциация деревьев и распределение их по классам относительного положения в древостоях естественного и искусственного происхождения и разного состава различны. Поэтому те и другие следует рассматривать в качестве самостоятельных научных и хозяйственных объектов с разработкой для каждого из них особых рекомендаций по уходу за лесом.

Библиографический список

1. Бузыкин, А.И. Формирование сосново-лиственных молодняков и рубок ухода в них / А.И. Бузыкин // Состояние возобновления и пути формирования молодняков на концентрированных вырубках Северо-Запада Европейской части СССР: тез. докл. Всесоюзного совещ. Архангельский институт леса и лесохимии. – Архангельск: Архангельский институт леса и лесохимии, 1971. – С. 120–122.
2. Наставление по рубкам ухода в лесах Урала – М., 1994. – 104 с.
3. Санников, С.Н. Экологические ряды возобновления и развития насаждений в пределах типов леса / С.Н. Санников // Тр. Ин-та экологии растений и животных УФАН СССР, 1970. – Вып. 67. – С. 175–181.
4. Смолоногов, Е.П. Естественное возобновление на концентрированных вырубках в сосновых лесах восточного склона Среднего Урала и Зауралья / Е.П. Смолоногов // Тр. Ин-та биологии УФАН СССР, 1960. – Вып. 16. – С. 53–69.
5. Соловьев, В.М. Планирование при лесоустройстве рубок ухода в смешанных молодняках с учетом типов их формирования / В.М. Соловьев // Вопросы совершенствования организации лесного хозяйства Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск: Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1966. – С. 124–129.
6. Соловьев, В.М. Эколого-биологические основы изучения и формирования древостоев / В.М. Соловьев // Лесной журнал. – 1996. – № 4–5. – С. 46–50.
7. Цветков, В.Ф. Сосняки Кольской лесорастительной области и ведения хозяйства в них / В.Ф. Цветков. – Архангельск: АГГУ. – 380 с.

ВЛИЯНИЕ ИНТРАЗОНАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ НА РОСТ И СОСТОЯНИЕ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ СИБИРСКИХ ГОРОДОВ КРАЙНЕ СЕВЕРОТАЕЖНОЙ ЗОНЫ

Т.Б. СРОДНЫХ, доц. каф. ландшафтного строительства УГЛТУ, канд. с.-х. наук

Исследования проводились на территории Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО), в Пуровском районе, где расположены города Губкинский и Тарко-Сале. Согласно лесохозяйственному районированию Западной Сибири [6] данные города расположены в зоне крайне северотаежной: Губкинский – на широте 64° СШ, Тарко-Сале – 65° СШ.

Средние годовые температуры данной зоны имеют низкие отрицательные значения, годовая среднемноголетняя составляет $-6,7^{\circ}\text{C}$ [3]. Неблагоприятной чертой температурного режима территории является короткий безморозный период. Величина его составляет в среднем 87 дней, а продолжительность вегетационного периода всего 82 дня. Заморозки возможны во все летние месяцы без исключения.

Основными источниками поступления влаги являются атмосферные осадки. Среднегодовое количество осадков составляет 461 мм, а среднегодовой коэффициент увлажнения в крайне северотаежной зоне высок – он составляет 1,5–1,7, тогда как в средней зоне тайги его величина колеблется в пределах 0,9–1,2 [7].

Климат района исследований можно охарактеризовать таким образом: суровая и продолжительная зима (6–8 месяцев) с длительными морозами и устойчивым снежным покровом, короткое и очень короткое лето, короткие переходные периоды (особенно весна), поздние весенние и ранние осенние заморозки, короткий безморозный период.

В рассматриваемом регионе, который отличают суровые климатические условия, а О.Р. Назаревский (1974) классифицирует как зону неблагоприятных и крайне неблагоприятных природных условий для проживания человека, мы попытались выявить основные лимитирующие факторы при создании городских зеленых насаждений.

При проведении исследований были обследованы городские зеленые насаждения – скверы, уличные посадки и другие объекты. Учитывалось количество растений, видовой состав, замерялись высота, диаметр деревьев на высоте 1,3 м. Для каждого дерева определялось санитарное состояние по пятибалльной шкале: 5 баллов – отличное состояние; 4 балла – хорошее состояние, но есть небольшие повреждения, усохшие веточки, отмечается изменение окраски листвы, легкая разреженность кроны; 3 балла – удовлетворительное состояние, крона сильно разрежена, 30 % в кроне составляют усохшие ветки и ветви; 2 балла – неудовлетворительное состояние, 70 % кроны составляют усохшие ветки и ветви; 1 балл – погибшее дерево, сухостой «на корню». На территории городов были исследованы также городские почвы. При этом использовались стандартные методы анализа почв (Аринушкина, 1976): определялись величина рН в солевой вытяжке потенциометром; гумус по Тюрину, подвижные фосфор и калий по Кирсанову, калий на пламенном фотометре, фосфор – фотоколориметрически. Отбирались смешанные образцы из верхнего слоя (20 см) методом конверта.

В северных регионах, помимо суровых климатических условий, очень важное место при решении вопросов озеленения имеют такие природные факторы, как рельеф, почвы, наличие крупных водоемов [5]. Мы рассматриваем рост и состояние зеленых насаждений в городах, расположенных в одном климатическом районе, одной лесохозяйственной зоне. Оба города расположены на выровненных территориях, в долинах рек. В связи с этим рассмотрим более подробно два последних фактора.

Для изучения городских почв была использована классификация антропогенно-преобразованных почв и почвоподобных образований для таежной зоны, разработанная группой сотрудников Почвенного института им. В.В. Докучаева [4].

**Агрохимическая характеристика естественных нарушенных почв
Губкинского и Тарко-Сале**

№ разреза	Гумус по Тюрину, %		рН солевое	Степень кислотности	Подвижные формы, мг/100 г почвы			
	Содержание	Степень обеспеченности			P ₂ O ₅		K ₂ O	
					Содержание	Степень обеспеченности	Содержание	Степень обеспеченности
Губкинский								
33	1,7	Очень низкая	3,8	Сильная	0,3	Очень низкая	2,8	Очень низкая
34	1,5	Очень низкая	3,6	Сильная	0,9	Очень низкая	4,0	Очень низкая
Тарко-Сале								
17	0,5	Очень низкая	6,0	Близка к нейтральной	7,7	Средняя	2,3	Очень низкая
12	0,2	Очень низкая	4,0	Сильная	0,2	Очень низкая	0,6	Очень низкая

Т а б л и ц а 2

**Агрохимическая характеристика урбаноземов под зелеными насаждениями
в Губкинском и Тарко-Сале**

№ объекта	Наименование объекта	Гумус по Тюрину, %		рН солевое	Степень кислотности	Подвижные формы, мг на 100 г почвы			
		Содержание	Степень обеспеченности			P ₂ O ₅		K ₂ O	
						Содержание	Степень обеспеченности	Содержание	Степень обеспеченности
Губкинский									
1	Отрезок пр. Губкина	0,8	Очень низкая	7,5	Слабощелочная	1,0	Очень низкая	4,0	Очень низкая
2	Ул. Строителей	1,9	Очень низкая	3,6	Сильная	0,9	Очень низкая	2,5	Очень низкая
Тарко-Сале									
1	Отрезок ул. Республики, газон у администрации	1,2	Очень низкая	4,5	Сильная	0,8	Очень низкая	2,0	Очень низкая
2	Отрезок ул. Ленина	0,5	Очень низкая	4,4	Сильная	20,8	Высокая	3,9	Очень низкая
3	Ул. Тарасова-сквер	1,2	Очень низкая	4,9	Средняя	9,8	Средняя	3,3	Очень низкая

Все почвы по данной классификации разделены на группы: естественные ненарушенные, естественно-антропогенные поверхностно-преобразованные (естественные нарушенные или урбо-почвы), урбаноземы антропогенные глубокопреобразованные.

В Губкинском преобладают насыпные грунты в виде песков, что характерно для многих северных городов данной зоны. В Тарко-Сале преобладают почвы естественные [5]. Естественные почвы обоих городов отнесены к подзолам глубинно-глееватым мерзлотным [2]. Помимо данных почв в Тарко-Сале в прирусловой части поймы выделена также аллювиально-дерновая кислая оподзоленная почва. По характеру распределения гумуса в

почве выделен иллювиально-гумусовый вид – содержание гумуса в горизонте A₂ ниже, чем в горизонте В. А по количеству гумуса (менее 1 %) в горизонте В выделены иллювиально-малогумусовые почвы. Такой вид почв отмечен в обоих рассматриваемых городах.

Химический состав рассматриваемых естественных почв свидетельствует о сильно кислой реакции среды, которая колеблется от 3,1 до 4,6 в верхних горизонтах почв обоих городов. В мелких иллювиально-гумусовых подзолах обоих городов содержание гумуса не превышает 1 %, а на аллювиальной дерновой оподзоленной почве в Тарко-Сале в верхних горизонтах его содержание несколько выше. В почвах Губкинского содержание

подвижных элементов – калия и фосфора – «очень низкое» или даже «следы» по всему профилю. В Тарко-Сале в некоторых образцах содержание калия «повышенное», а фосфора – «среднее» и «очень высокое», в основном в верхнем маломощном гумусовом горизонте. Эти показатели свидетельствуют об относительно более высоком плодородии естественных почв Тарко-Сале.

Агрохимическая характеристика естественных нарушенных почв приведена в табл. 1, данные которой показывают, что естественные нарушенные почвы в обоих городах отличаются низким плодородием, на что указывают слабая обеспеченность гумусом и элементами питания, сильная степень кислотности. Однако в Тарко-Сале на 17 разрезе наблюдается степень кислотности, близкая к нейтральной – 6,0 и средняя степень обеспеченности фосфором.

В табл. 2 представлены данные агрохимической характеристики урбаноземов и указаны места отбора образцов. В основном это газоны на улицах и сквер. Результаты анализов свидетельствуют о низком плодородии урбаноземов, особенно это относится к почвам Губкинского. Городские почвы Губкинского представлены в основном насыпными искусственными грунтами. А при создании газонов и посадке деревьев в качестве удобрения используется местный нераскисленный торф, часто плохо разложившийся, который не может улучшить ни агрохимические, ни физические свойства почв. Данные табл. 2 свидетельствуют, что плодородие урбаноземов Тарко-Сале несколько выше по сравнению с урбаноземами Губкинского. «Очень

высокое» содержание фосфора наблюдалось только в сквере на цветочной клумбе у объединения «Пурнефтегаз». Это связано с внесением минеральных удобрений и куриного помета.

В городских посадках северных сибирских городов используется небольшой ассортимент видов, в основном это береза пушистая, ивы древесные и кустарниковые, значительно реже – рябина обыкновенная, осина, в небольшом количестве хвойные. В Губкинском, молодом городе, возраст городских посадок небольшой, он колеблется в пределах 5–8 лет, тогда как в Тарко-Сале насаждения более значительного возраста – в пределах 20–40 лет. В результате обследования всех городских насаждений, выяснилось, что в Губкинском преобладающими породами являются ивы, береза пушистая и сосна обыкновенная. Доля сосны невелика, всего 4 %, березы – 27 %, ивы – 66 %. Санитарное состояние соответственно: 1,3; 3,5 и 3,9 балла. Хорошее санитарное состояние отмечено только у ив, хвойные породы, в частности сосна, практически погибли.

В Тарко-Сале состояние насаждений значительно лучше. Преобладающая порода – береза (она составляет 37 %) имеет средний балл санитарного состояния – 4,1, такой же балл отмечен у ивы, а лиственница сибирская имеет балл 4,2, ее доля в городских насаждениях – 5,7 %.

В табл. 3 дана обобщенная характеристика посадок, выполненных на тех объектах, где был произведен отбор почвенных образцов, химическая характеристика которых представлена в табл. 2.

Т а б л и ц а 3

Характеристика зеленых насаждений на объектах в Губкинском и Тарко-Сале

№ объекта	Общее количество деревьев, шт.	Преобладающий древесный вид, % от общего количества	Возраст растений, лет	Средние характеристики преобладающего вида	
				высота, м	Санитарное состояние, баллы
Губкинский					
1.	103	Б-42	8	1,7±0,92	3,3±0,25
2.	208	Б-72	5	1,5±0,73	2,3±1,49
Тарко-Сале					
1.	70	Б-43	40	4,1±1,32	4,0±0,00
2.	305	Б-46	40	4,8±1,02	3,9±0,18
3.	60	Б-40	35	4,6±0,83	5,0±0,02

Данные табл. 2 также показывают, что состояние насаждений в Тарко-Сале значительно лучше, чем в Губкинском. Об этом свидетельствует высокий балл санитарного состояния березы, особенно в сквере по ул. Тарасова. Там же отмечено «среднее» содержание фосфора и «средняя» степень кислотности почвы. В Губкинском – крайне неблагоприятные почвенные условия, и состояние насаждений как в целом по городу, так и на рассматриваемых объектах значительно хуже. Прослеживается связь – чем лучше на рассмотренных объектах почвенные условия, тем лучше состояние посадок.

Конечно, химические и физические свойства почв это не единственный фактор, лимитирующий рост и развитие зеленых насаждений в северных сибирских городах, но один из основных. Вторым важным фактором является наличие крупных водоемов. В нашем случае Губкинский стоит на берегу реки Пякупур, а Тарко-Сале – в излучине двух рек Пякупур и Айваседопур, то есть он почти полностью окружен водой с севера, запада и востока. По этой причине микроклимат Тарко-Сале значительно лучше, несмотря на то, что расположен он севернее Губкинского на 570 км.

Таким образом, на рост, развитие и состояние городских насаждений большое влияние оказывают микроклиматические условия города, которые могут быть обусловлены близостью крупных водоемов, имеющих

значительное тепляющее действие. Другим важным фактором является происхождение почв – естественное или искусственное. Искусственные или насыпные почвы, как правило, имеют неблагоприятные механические и химические свойства. Это низкоплодородные пески, и создать на них благоприятные для произрастания растений условия не так просто, но возможно. Для этого необходимо готовить специальные субстраты, используя тот же торф, но раскисленный, хорошо разложившийся и проветренный, еще лучше компосты с добавлением минеральных удобрений.

Библиографический список

1. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв: учеб. пос. для вузов / Е.В. Аринушкина. – М.: МГУ, 1970. – 487 с.
2. Классификация и диагностика почв СССР: справочное пособие / В.В. Егоров и др. – М.: Колос, 1977. – 222 с.
3. Климатическая характеристика зоны освоения нефти и газа Тюменского Севера: монография / под ред. К.К. Казачковой. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 200 с.
4. Почва, город, экология: монография / Ред. Г.В. Добровольский. – М., 1997. – 320 с.
5. Сродных, Т.Б. Озеленение городов Тюменского Севера: монография / Т.Б. Сродных. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2006. – 139 с.
6. Таран, И.В. Сосновые леса Западной Сибири: монография / И.В. Таран. – Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1973. – 292 с.
7. Экология Ханты-Мансийского автономного округа: обзор / Тюмень: Комитет по охране окружающей среды Ханты-Мансийского АО, 1997. – 286 с.

САНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ НАСАЖДЕНИЙ НА УЛИЦАХ ЕКАТЕРИНБУРГА

Т.Б. СРОДНЫХ, доц. каф. ландшафтного строительства УГЛТУ, канд. с.-х. наук,
Е.А. ВОРОНИНА, асп. каф. ландшафтного строительства УГЛТУ

Екатеринбург – зеленый город. В настоящее время доля зеленых насаждений общего пользования составляет 23 м² на одного человека. Это несколько выше установленной СНиП для городов данной категории. Однако большинство городских насаждений были созданы в 50-гг. XX в. и довольно значительная для насаждений еще раньше – в 30-гг. А поскольку основной состав насаждений был представлен быстрорастущими, но

недолговечными видами: тополь бальзамический, клен ясенелистный [3], то к началу XXI в. больше половины городских объектов озеленения находятся в неудовлетворительном состоянии и требуют реконструкции. Особенно это относится к насаждениям на улицах, которые находятся в экстремальных условиях произрастания: пыль, выхлопные газы, соледержащие противогололедные смеси и др.

Морфометрическая характеристика и санитарное состояние преобладающих видов в уличных посадках

Порода	Кол-во, %	Возраст, лет	Высота, м	Штамб, м	Диаметр, см	Ширина кроны, м	Санитарн. состояние
улица Азина							
Клен ясенелистный	9,6	45	8	2,1	19	5	3,0
Липа мелколистная	41,8	10	3	0,8	4	1	3,7
Тополь бальзамический	37,0	70	17	2,9	30	8	2,6
Общее кол-во растений	208 (100)						
улица Шевченко							
Клен ясенелистный	25,7	40	10	2,2	32	6	2,8
Тополь бальзамический	32,4	25	10	3,3	18	4	3,2
Тополь пирамидальный	30,5	25	10	1,7	18	5	4,0
Общее кол-во растений	210 (100)						
улица Братьев Быковых							
Клен ясенелистный	20,9	40	9	3,6	23	4	3,6
Липа мелколистная	44,4	20	6	1,2	8	2	4,2
Ясень пенсильванский	17,3	35	9	2,9	20	3	3,6
Общее кол-во растений	225 (100)						
улица Розы Люксембург							
Клен ясенелистный	11,7	40	10	3,6	22	5	3,7
Липа мелколистная	43,8	40	9	3,7	24	3	3,8
Ясень пенсильванский	18,1	30	9	3,0	18	4	3,5
Общее кол-во растений	265 (100)						
улица Энгельса							
Клен ясенелистный	22,8	40	9	3,2	27	4	3,6
Тополь бальзамический	40,7	50	11	4,0	34	4	3,7
Ясень пенсильванский	15,6	30	9	2,5	18	3	3,8
Общее кол-во растений	167 (100)						

При разработке программы реконструкции зеленых насаждений Екатеринбурга были обследованы насаждения на 30 улицах центральной части города.

Была поставлена задача изучить состав и состояние зеленых насаждений на пяти улицах исторического центра Екатеринбурга и проследить динамику их санитарного состояния. При обследовании насаждений проводилась подеревная инвентаризация с определением биометрических показателей каждого дерева: высота, диаметр ствола на высоте 1,3 м, размеры кроны и санитарное состояние. Санитарное состояние определялось по пятибалльной шкале: 5 баллов – отличное состояние; 4 балла – хорошее состояние, но есть небольшие повреждения, усохшие веточки, изменение окраски листвы, легкая разреженность кроны; 3 балла – удовлетворительное состояние, но крона сильно разрежена, 30 % в кроне составляют усохшие ветки и ветви; 2 балла – неудовлетворительное состояние, 70 % кроны составляют усохшие

ветки и ветви; 1 балл – погибшее дерево, сухостой «на корню».

Были обследованы насаждения на четырех улицах широтной ориентации: Азина, Братьев Быковых, Шевченко, Энгельса и одной улицы меридиональной ориентации – Розы Люксембург. Все улицы относятся к категории «районного значения», интенсивность движения транспорта – средняя.

Исключением является улица Розы Люксембург, где интенсивность движения значительна и, помимо легкового, грузового, есть еще общественный транспорт – троллейбусный маршрут. Протяженность улиц колеблется от 1,5 км до 0,65 км. Самой длинной является улица Розы Люксембург, самой короткой – Братьев Быковых.

На всех обследованных улицах используется такой распространенный элемент озеленения, как рядовая посадка деревьев. Шаг посадки в среднем составляет 5 м. Живые изгороди отсутствуют, имеющиеся кустарники

представлены в небольшом количестве одиночными и рядовыми посадками сирени обыкновенной (*Syringa vulgaris*) и венгерской (*Syringa josikaea* Jacq. f.), акации желтой (*Caragana arborescens* Lam.). Единично встречаются боярышник сибирский (*Crataegus sanguinea*) и кизильник блестящий (*Cotoneaster lucidus* Schl.).

Общий ассортимент видов довольно разнообразен и представлен 14 видами древесных пород и 5 видами кустарников. Но преобладающими являются 4–5 видов, как и в целом в озеленении Екатеринбурга [3] (табл. 1).

В условиях средней полосы городские посадки считаются старовозрастными: клен ясенелистный – 40–45 лет, тополь бальзамический – 50 лет, ясень пенсильванский – 75–85 лет, липа мелколистная – 85–90 лет [1].

По улицам Азина и Шевченко приведены данные 2000 г., а по улицам Розы Люксембург, Энгельса, Братьев Быковых – 2005 г.

Сравнивая возрастную характеристику посадок, следует отметить, что на улице Азина находятся самые старые насаждения – это тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.) – 70 лет. Его посадки составляют 37,0 % всех посадок улицы. В настоящее время происходит частичное удаление тополя бальзамического и декапитация оставленных экземпляров.

На улице Розы Люксембург имеется 6 экземпляров тополя бальзамического 100-летнего возраста. Состояние их удовлетворительное.

На улице Шевченко и Энгельса главной преобладающей породой является тополь бальзамический, он составляет 32,4 % и 40,7 % соответственно. Тополь бальзамический на улице Шевченко моложе, его возраст 25 лет, на улице Энгельса в два раза старше – 50 лет. Высота и диаметр тополей на улице Энгельса больше, лучше и их санитарное состояние – 3,7 балла, в то время как на улице Шевченко – 3,2 балла. Следует отметить, что в среднем санитарное состояние насаждений на улице Шевченко хуже, чем на улице Энгельса.

Из всех обследованных улиц только на улице Шевченко присутствует такой декоративный и устойчивый вид, как тополь пирамидальный. При одинаковом возрасте эти два вида имеют одинаковые высоту и диаметр,

соответственно 10 и 18 см. Но санитарное состояние тополя пирамидального значительно лучше, средний балл – 4,0, тогда как у тополя бальзамического – только 3,2.

Клен ясенелистный (*Acer negundo* L.) также входит в число преобладающих видов на этих двух улицах. При одинаковом возрасте – 40 лет – морфометрические параметры клена ясенелистного по улице Шевченко значительно выше, чем на улице Энгельса. Следует отметить, что произрастает он преимущественно на южной стороне улицы Шевченко, то есть имеет худшее освещение. Но санитарное состояние клена ясенелистного лучше на улице Энгельса, так же как у тополя бальзамического и ясеня пенсильванского (*Fraxinus pennsylvanica* March.).

На трех улицах: Азина, Братьев Быковых и Розы Люксембург – преобладающей породой является липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.) (41,8, 44,4 и 43,8 % соответственно). На улице Азина произрастает самая молодая липа мелколистная, ее возраст 10 лет, на улице Братьев Быковых – 20 лет и на улице Розы Люксембург – 40 лет. Параметры лип разного возраста свидетельствуют о ее нормальном развитии согласно имеющимся данным дендрологов [2].

Самое лучшее санитарное состояние имеют посадки по улице Братьев Быковых – 4,2 балла, на улице Азина и Розы Люксембург – примерно одинаковые – 3,7 и 3,8 балла.

На всех трех улицах лидирующее положение занимает клен ясенелистный примерно одного возраста – 40 лет, его высота колеблется от 8 до 10 м, диаметр в пределах 19–23 см, размер кроны – 4–5 м. Самое плохое санитарное состояние у клена ясенелистного по улице Азина – 3,0 балла. Возможно, это связано с его более старым возрастом.

На улице Братьев Быковых и Розы Люксембург в тройку лидеров входит и ясень пенсильванский. Он лидирует и по улице Энгельса. Возраст ясеня на всех перечисленных улицах практически одинаков – 30–35 лет. Близкие по значению параметры и довольно близкая оценка санитарного состояния свидетельствуют о том, что этот вид устойчив в городских условиях. Мнения специалистов по этому поводу различаются.

Категории санитарного состояния насаждений и требующиеся мероприятия

Доля поврежденных растений, %	Категория санитарного состояния	Требующиеся мероприятия
70 и более	Неудовлетворительное	Полная реконструкция
30–70	Удовлетворительное	Частичная реконструкция и своевременный уход
30 и менее	Хорошее	Своевременный уход

Изменение санитарного состояния

Улица	Общее количество растений		Количество растений, имеющих санитарное состояние «3» и ниже, %/ шт.		Требующиеся мероприятия	
	2000 г.	2005 г.	2000 г.	2005 г.	2000 г.	2005 г.
Улица Братьев Быковых	119	225	32,8/39	10,2/27	Частичная реконструкция, своевременный уход	Своевременный уход
Улица Розы Люксембург	312	266	7,7/24	15,7/42	Своевременный уход	Своевременный уход
Улица Энгельса	219	167	74,9/164	11,9/21	Полная реконструкция	Своевременный уход

Из рассматриваемых пяти улиц хорошее состояние насаждений наблюдается на улицах Энгельса и Братьев Быковых, среднее – на улицах Розы Люксембург и Шевченко и самое плохое – на улице Азина.

Таким образом, у пяти преобладающих видов на рассматриваемых улицах биометрические показатели соответствуют усредненным показателям средней зоны [1]. Растения развиваются в основном нормально. Высота преобладающих видов в возрасте 30–50 лет колеблется в пределах 8–11 м, диаметр – в пределах 18–24 см, размер кроны – 3–4 м.

Низкий балл санитарного состояния тополя бальзамического и клена ясенелистного – следствие того, что их возраст превышает критический. Хорошее состояние и развитие отмечено у липы мелколистной, тополя пирамидального, ясеня пенсильванского. Их можно успешно использовать для уличного озеленения.

Обследование улиц Братьев Быковых, Розы Люксембург и Энгельса имело также вторую цель – выявить динамику санитарного состояния насаждений за 5 лет.

Методика определения стадии распада городских насаждений в зависимости от количества поврежденных деревьев была разработана Т.Б. Сродных в 2000 г. для Екатеринбурга, в ней были предложены соот-

ветствующие мероприятия для каждой стадии (табл. 2).

Для повторного обследования были взяты улицы, характерные для каждой стадии распада. Динамика состояния насаждений через 5 лет представлена в табл. 3. Анализ данных показал, что к 2005 г. на улице Розы Люксембург произошло уменьшение общего количества деревьев, что связано с новым строительством на отдельных участках улицы и сносом деревьев, а также уборкой деревьев плохого санитарного состояния. Несмотря на это, увеличилось число деревьев, имеющих балл санитарного состояния «3» и ниже, с 7,7 % до 16,5 %. Это можно объяснить тем, что рекомендованные в 2000 г. мероприятия по уходу за насаждениями не проводились в полном объеме, а экологическая ситуация ухудшилась – интенсивность движения на улице значительно возросла. Из всех обследованных в 2005 г. улиц состояние насаждений на улице Розы Люксембург самое плохое. Самый высокий средний балл санитарного состояния имеет липа мелколистная – 3,8, самый низкий – 3,5 – ясень пенсильванский.

На улице Энгельса за пять лет наметилась тенденция к улучшению состояния насаждений. Хотя произошло значительное уменьшение общего количества деревьев в связи со строительством новых зданий, уменьшилось

и количество деревьев с баллом санитарного состояния «3» и ниже почти в 8 раз. Это связано с посадкой молодой липы и декапитацией крон старовозрастных тополей, что значительно улучшило их санитарное состояние.

На улице Братьев Быковых сложилась самая благоприятная ситуация. Увеличилось количество насаждений со 119 до 225 и уменьшилось количество экземпляров, имеющих балл санитарного состояния «3» и ниже, с 39 до 28 шт. Была проведена рекомендованная частичная реконструкция, при которой было удалено 11 деревьев, имеющих низкий балл, и дополнительно посажено 95 деревьев.

Таким образом, можно сделать выводы:

1. Улица Розы Люксембург – в настоящее время требуется продолжение реконструкции.

2. Улица Энгельса – частичная реконструкция уже проведена. Декапитация старых тополей несколько оттянула сроки полной реконструкции, но через 5–10 лет будет необходимо проведение частичной реконструкции. В данном случае полная реконструкция может быть заменена на частичную – в два этапа.

3. Улица Братьев Быковых – к 2005 г. была проведена рекомендованная частичная реконструкция. Состояние насаждений в настоящее время хорошее.

Предлагаемая методика по определению стадии распада насаждений и рекомендуемые мероприятия могут быть использованы при проведении работ по реконструкции городских насаждений.

Библиографический список

1. Ерохина, В.И. Озеленение населенных мест. Справочник / В.И. Ерохина, Г.П. Жеребцова. – М.: Стройиздат, 1987.
2. Коновалов, Н.А. Деревья и кустарники для озеленения городов Урала / Н.А. Коновалов, Н.А. Луганский. – Свердловск: Средне-Уральское книжное издательство, 1967.
3. Сродных, Т.Б. Ассортимент древесно-кустарниковых видов в озеленении г. Екатеринбурга. В сб. Леса Урала и хозяйство в них. Вып. 24 / Т.Б. Сродных, В.Н. Денеко. – Екатеринбург, 2004.
4. Сродных, Т.Б. Преобладающие виды в озеленении городов Урала и Тюменского Севера. В кн. Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. Материалы IX Международной научной конференции 20–21 октября 2006 г / Т.Б. Сродных. – Красноярск, 2006.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР ЕЛИ И СОСНЫ В УРАЛО-ТУРГАЙСКОМ РЕГИОНЕ

В.А. УСОЛЬЦЕВ, *проф. УГЛТУ, д-р с.-х. наук*,
Г.Г. ТЕРЕХОВ, *Ботанический сад УрО РАН, канд. с.-х. наук*,
О.В. КАНУННИКОВА, *асп. УГЛТУ*,
Н.В. ПАЛЬМОВА, *асп. Оренбургского ГАУ*,
М.И. БАЛИЦКИЙ, *асп. Оренбургского ГАУ*,
А.С. КАСАТКИН, *асп. Оренбургского ГАУ*,
Н.И. КУЗЬМИН, *соискатель Оренбургского ГАУ*

Биологическая продуктивность лесных культур изучена в целом по стране намного хуже, чем естественных насаждений. Поэтому получение фактических данных по культурам дает возможность заполнить многочисленные «белые пятна» и сопоставить эти данные с аналогичными материалами для естественных насаждений. Кроме того, лесные культуры, особенно молодые, связывают атмосферный углерод более интенсивно в сравнении с естественными насаждениями. Около 80 % атмосферного углерода, депонируемого в тропиках лесными культурами, приходится на первые

два класса возраста [13]. Лесокультурное производство России, начавшись в 1738 г. закладкой знаменитой Линдуловской рощи «лесным знателем» Фердинандом Габриелем Фокелем на площади 5 га, сегодня достигло по Рослесхозу ежегодного объема лесовосстановительных работ на площади около 800 тыс. га, из которых 41 и 39 % представлены культурами ели и сосны [7].

Данное исследование биологической продуктивности выполнено в пределах Урало-Тургайского региона в культурах на лесопокрываемых площадях двух административных

областей в трех лесорастительных таксонах: Свердловской (Билимбаевский и Сухоложский лесхозы, подзоны южной тайги и предлесостепи соответственно) и Кустанайской в Северном Казахстане (Семиозерный лесхоз, сухая степь).

Билимбаевский лесхоз расположен на территории Первоуральского района Свердловской области на расстоянии 50 км от Екатеринбурга (57° с. ш., 61° в. д.). По лесорастительному районированию Б.П. Колесникова с соавторами [6] территория лесхоза отнесена к подзоне южнотаежных лесов. Климат территории континентальный, средняя годовая температура +0,3 °С, абсолютный максимум +37 °С, абсолютный минимум – 46 °С. Количество годовых осадков 513 мм. Продолжительность вегетационного периода 109 дней. Высота над уровнем моря 330 м. Распространены темно-серые среднеподзоленные, серые лесные и горно-лесные бурые почвы. На территории лесхоза преобладают коренные формации темнохвойных и темнохвойно-сосновых лесов. Сосна занимает 32 % лесопокрытой площади. Средний класс бонитета II, средняя полнота 0,7, средний возраст – 67 лет.

С целью оценки влияния способа закладки и ухода на формирование фитомассы и

первичной продукции культур *Picea obovata*, созданных на вырубках 5-летней давности, в нижней части макросклона восточной экспозиции с уклоном 5–6° в разнотравно-зеленомошном типе леса на дерново-подзолистых суглинистых почвах с залеганием глинистых водоупоров на глубине 0,5–0,6 м, заложено 17 пробных площадей (табл. 1). В качестве контроля принят вариант без подготовки почвы. Пробные площади имеют дубли – на открытом месте и под пологом 25-летнего мелколиственного древостоя, возобновившегося сразу после рубки материнского ельника.

Сухоложский лесхоз расположен в 120 км к востоку от Екатеринбурга (57° с.ш., 62° в.д.). Территория его относится к сосново-березовому предлесостепному округу Уральской равнинной провинции Западно-Сибирской равнинной лесорастительной области [6]. Средняя температура +0,30 °С, абсолютный максимум +37 °С, абсолютный минимум –46°С. Годовое количество осадков 510 мм. Длительность вегетационного периода 109 дней. Лесные культуры занимают площадь около 10 тыс. га, из них 90 % площадей приходится на сосну. Лесистость территории 45 %. Средняя полнота сосняков 0,74, средний возраст 68 лет.

Т а б л и ц а 1

Таксационные показатели культур ели с разными вариантами их создания и ухода

Способы подготовки и обработки почвы	№ пробной площади	Возраст, лет	Средние		Густота, экз./га	Площадь сечений, м²/га	Запас, м³/га	Класс бонитета
			высота, м	диаметр, см				
Гряда	2*	20	4,45	5,2	3884	6,97	25,7	IV
	2**	20	4,05	4,0	2248	2,58	6,2	IV
Гряда	3*	20	4,3	5,0	4351	8,27	23,3	IV
	3**	20	3,55	3,9	3277	3,65	10,2	IV
Гряда	4*	19	3,70	4,5	4266	6,40	19,1	IV
	4**	19	4,05	4,0	3776	4,46	14,3	IV
Пласт	8*	20	4,1	5,1	4885	10,2	29,2	IV
	8**	20	3,5	3,7	2082	4,09	15,7	IV
Пласт	17*	19	4,0	4,5	4786	7,01	16,2	IV
	17**	19	3,9	4,4	3044	3,92	12,4	IV
Двойной пласт	10*	20	4,4	5,2	2915	7,70	18,5	IV
Химобработка	7*	20	4,8	4,7	2667	4,35	19,5	III
	7**	20	3,0	3,2	2253	1,46	3,3	IV
Химобработка	14*	20	4,04	4,5	2662	4,31	11,4	IV
	14**	20	2,2	2,9	2378	1,15	2,1	V
Контроль	24*	20	3,5	3,6	2060	2,63	3,6	IV
	24**	20	2,5	2,5	2149	0,94	1,2	V

Примечание: * – открытое место; ** – в коридорах мелколиственных насаждений

Таксационные показатели культур сосны по возрастным градиентам

№ пробной площади	Состав	Возраст, лет	Средние		Густота, экз./га	Площадь сечений, м ² /га	Запас, м ³ /га	Класс бонитета
			диаметр, см	высота, м				
Суходожский лесхоз, разнотравный тип леса								
1	10С	15	7,2	5,55	2592	10,7	34,8	I
2	10С	18	7,4	7,71	6045	26,3	107	I
3	10С	26	10,0	8,60	3396	26,5	166	II
4	9С1Б	29	12,1	12,2	2733	31,6	207	I
5	10С	32	12,5	16,6	3944	48,4	452	Ia
Семиозерный лесхоз								
Возрастной ряд для I класса бонитета, влажный бор, темнокаштановые почвы								
1	10С	10	3,3	4,0	18870	16,1	52,3	I
2	10С	19	9,0	9,5	7000	44,5	234	Ia
3	10С	23	11,0	10,2	3830	36,4	203	I
4	10С	26	8,8	9,9	6080	37,0	195	I
Возрастной ряд для III класса бонитета, сухой бор, дерново-боровые почвы								
10	10С	11	3,0	2,8	10460	7,4	43,3	III
11	10С	14	3,8	3,3	9730	11,0	33,0	III
12	10С	15	4,1	3,7	8440	10,9	51,7	III
13	10С	25	7,0	7,5	8640	33,3	177	III

Исследования выполнены на 5 пробных площадях в возрастном диапазоне сосны от 15 до 32 лет в разнотравном типе леса (табл. 2).

Семиозерный лесхоз расположен в Аман-Карагайском бору (52°20'с.ш., 64° в.д.), занимающем площадь 80,9 тыс. га. Он относится к провинции Тоболо-Убаганской равнинной степи степной зоны Казахстана. Провинция расположена между Зауральским плато на западе, Тургайским плато на юге, левобережьем Ишима на востоке и колючей лесостепной равниной на севере. Аман-Карагайский бор находится в пределах эрозионно-тектонического Тургайского прогиба. Его плоское днище, достигающее ширины 80–100 км, образуют слоистые аллювиальные и аллювиально-озерные отложения. Они представлены карбонатными глинами и прослоями песков мощностью до 20 м [3].

Основной породой является сосна обыкновенная, произрастающая в широком диапазоне почвенно-гидрологических условий. Под естественными сосновыми древостоями бора обычны неполнопрофильные, слаборазвитые и многоярусные дерново-боровые почвы. Механический состав этих почв рыхло- и связнопесчаный с высоким содержанием фракции мелкозернистого песка [8]. На незанятых лесом обширных остепненных

пространства распространены зональные темно-каштановые почвы. При благоприятных погодных условиях происходит экспансия сосны с дерново-боровых на темнокаштановые почвы.

Годовое количество осадков – 242 мм, влажность воздуха в летний период снижается до 25–30 %. Климат района резко континентальный. Среднемесячная температура июля составляет + 20,1°, а января – 18,1° мороза. Годовая амплитуда абсолютных температур воздуха равна 89°, среднегодовая температура 1,6°. Теплый период со средней суточной температурой выше 0° длится 199 дней, достигая суммы положительных температур 2 800° [1].

В целом лесорастительные условия для сосны Аман-Карагайского бора очень жесткие. Небольшое количество выпадающих атмосферных осадков в сочетании с высокими температурами воздуха в течение всего вегетационного периода и периодически повторяющимися засухами обуславливают повышенный расход почвенной влаги на испарение и транспирацию [4]. Довольно глубокое залегание грунтовых вод и небольшая зона капиллярного поднятия создают неблагоприятные условия для произрастания древесной растительности.

Фитомасса и первичная продукция в абсолютно сухом состоянии в культурах ели

№ пробной площади	Фитомасса, т/га						Первичная продукция, т/га					
	Древесина ствола	Кора ствола	Скелет кроны	Хвоя	Надземная	Корни	Древесина ствола	Кора ствола	Скелет кроны	Хвоя	Надземная	Корни
2*	6,87	1,00	4,61	6,65	19,1	5,85	1,18	0,172	0,535	1,984	3,87	1,19
2**	2,66	0,34	1,57	1,98	6,55	1,17	0,393	0,050	0,184	0,473	1,10	0,196
3*	8,83	1,40	8,88	13,14	32,2	6,79	1,25	0,198	1,118	3,913	6,48	1,37
3**	2,72	0,51	1,92	2,63	7,78	1,57	0,400	0,075	0,232	0,681	1,39	0,281
4*	8,29	1,54	7,91	9,49	27,2	5,65	1,38	0,256	0,932	3,358	5,93	1,23
4**	4,63	0,60	2,80	5,32	13,3	2,70	0,617	0,080	0,209	1,549	2,45	0,497
8*	12,9	1,76	9,58	11,81	36,0	6,17	2,13	0,291	0,959	3,568	6,95	1,19
8**	3,34	0,54	3,09	4,57	11,5	1,84	0,551	0,089	0,374	1,142	2,16	0,345
17*	8,19	2,48	5,93	11,36	28,0	5,74	1,22	0,369	0,732	3,440	5,76	1,18
17**	4,65	0,67	3,33	5,47	14,1	2,46	0,666	0,096	0,423	1,407	2,59	0,452
10*	8,59	0,99	4,90	6,65	21,1	2,93	1,18	0,136	0,534	1,993	3,84	0,533
7*	4,58	0,63	3,47	4,32	13,0	2,59	0,736	0,101	0,404	1,296	2,53	0,504
7**	0,83	0,13	0,87	0,96	2,79	0,48	0,151	0,024	0,115	0,284	0,574	0,099
14*	4,32	0,64	3,63	5,00	13,6	3,48	0,787	0,117	0,478	1,542	2,92	0,747
14**	0,64	0,10	0,41	0,67	1,82	0,39	0,108	0,017	0,054	0,234	0,413	0,088
24*	1,32	0,19	1,19	1,42	4,12	1,01	0,214	0,031	0,164	0,393	0,802	0,197
24**	0,62	0,12	0,67	0,71	2,12	0,44	0,078	0,015	0,083	0,155	0,331	0,069

Исследования выполнены на 8 пробных площадях, заложенных в культурах сосны по двум возрастным градиентам, соответственно во влажных и сухих условиях произрастания (табл. 2). Подбор участков и работа на пробных площадях проводились согласно нашим методическим разработкам. Масса корней отмыта и взвешена по комплексному методу А.Ф. Чмыра [11, 12].

Установлено, что подготовка и обработка почвы увеличивают запас фитомассы и ее годовую продукцию в культурах ели в 3–9 раз по сравнению с контролем. Запас надземной и подземной фитомассы, а также показатели их годичной продукции на открытом месте примерно в 4 раза выше, чем в коридорах под пологом лиственного древостоя (табл. 3). Хотя средние высоты по большинству вариантов под пологом несколько ниже, чем на открытом месте, все они находятся в пределах одного (IV) класса бонитета (табл. 1), что согласуется с ростом ели под пологом березы на вырубках в условиях Вологодской области [5].

Посадка по грядкам и пластам дает примерно 7-кратное превышение первичной продукции по сравнению с контролем и лишь 2-кратное – по сравнению с вариантом «химобработка». При посадке по грядкам и пластам

обеспечиваются два фактора лучшего роста (дренаж и лучшее питание, во-первых, и устранение конкуренции травянистой растительности, во-вторых), а при химобработке – лишь устраняется конкуренция трав. Столь существенная разница в названных соотношениях означает, что при формировании культур ели в их успешном росте и продуцировании лучшие условия дренажа и питания играют первоочередную роль, а устранение конкуренции напочвенного покрова – лишь вторичную.

Для установления степени достоверности различия таксационных показателей и биологической продуктивности культур сосны в двух таксонах принят метод регрессионного анализа зависимости фитомассы (табл. 4) от массоопределяющих показателей. Проанализировано различие возрастных трендов фитомассы культур I класса бонитета (влажный бор) в сухой степи (пробные площади № 1–4) с культурами III класса бонитета (сухой бор) там же (пробные площади № 10–13), с одной стороны, и с культурами I класса бонитета (разнотравный тип) Сухоложского лесхоза в подзоне предлесостепи, с другой (пробные площади № 1–5). Расчет регрессионных моделей, с помощью которых осуществляется подобный анализ, выполнен в два этапа.

Надземная фитомасса и первичная продукция по возрастному градиенту культур сосны

№ пробной площади	Фитомасса, т/га					Первичная продукция, т/га				
	Ствол в коре	Кора ствола	Ветви	Хвоя	Итого	Ствол в коре	Кора ствола	Ветви	Хвоя	Итого
Сухоложский лесхоз (предлесостепь)										
1	11,5	2,16	6,49	5,98	24,0	1,36	0,217	1,27	2,33	4,96
2	36,8	6,05	8,09	10,6	55,5	3,06	0,438	1,50	3,28	7,84
3	42,8	5,72	12,8	10,4	66,0	2,59	0,310	1,67	3,48	7,75
4	71,1	7,21	10,7	8,48	90,3	3,22	0,215	1,57	3,36	8,15
5	147,2	13,5	18,1	9,39	174,7	3,66	0,299	1,92	2,92	8,50
Семиозерный лесхоз (сухая степь)										
Возрастной ряд для I класса бонитета, влажный бор, темнокаштановые почвы										
1	17,5	3,63	3,56	5,97	27,0	3,57	0,44	0,98	0,38	4,93
2	81,3	11,4	13,8	12,8	107,9	2,23	0,11	2,78	3,71	8,72
3	65,1	9,12	10,8	13,4	89,3	1,55	0,08	1,51	4,65	7,71
4	69,3	10,2	6,36	5,77	81,4	0,19	0,06	0,93	1,71	2,83
Возрастной ряд для III класса бонитета, сухой бор, дерново-боровые почвы										
10	6,37	1,65	3,58	4,92	14,9	1,01	0,16	0,60	1,15	2,76
11	10,3	2,54	2,27	6,15	18,7	1,04	0,16	0,71	1,50	3,25
12	18,7	5,22	6,02	7,28	32,0	4,04	1,16	0,49	1,95	6,48
13	62,9	10,6	6,14	6,14	75,2	1,13	0,08	0,96	1,51	3,60

На первом этапе ставилась задача выявить различия культур сосны предлесостепи Урала и сухой степи Тургая, произрастающих в одних и тех же условиях увлажнения, по надземной фитомассе, а именно во влажном типе, характеризуемом I классом бонитета. Установлено, что культуры сосны двух регионов не различаются по надземной фитомассе, несмотря на то, что относятся к двум разным лесорастительным таксонам и имеют разную густоту посадки.

Поэтому на втором этапе пробные площади для культур предлесостепи и сухой степи, произрастающих в одинаковых эдафических условиях (I класс бонитета), объединены в одну группу. Выполнено сопоставление фитомассы и первичной продукции культур сосны во влажных (I класс бонитета) и сухих (III класс бонитета) условиях. Установлено, что надземная фитомасса и первичная продукция названных двух таксонов достоверно зависят не только от возраста древостоя, но и от принадлежности к тому или другому из таксонов, лесорастительные условия которых различаются на два класса бонитета.

Таким образом, в одних и тех же лесорастительных условиях и при близких показателях морфоструктуры насаждений

в исследуемых таксонах биологическая продуктивность культур сосны одна и та же, но при различиях в лесорастительных условиях таксонов разница достоверна. Отсутствие достоверности различия фитомассы культур в сухой степи и предлесостепи означает, что меньшее количество осадков в степи в таких случаях компенсируется лучшими эдафическим увлажнением (при высоком уровне грунтовых вод) и трофностью темнокаштановых почв с мощным гумусовым горизонтом, в результате чего культуры растут по одному и тому же классу бонитета. Продукционный диапазон насаждений максимальной продуктивности в сухой степи и минимальной продуктивности в предлесостепи представляет собой переходную (триггерную) зону, которая под влиянием климатических изменений сдвигается в сторону лесной или степной формации [2].

Полученные фактические значения фитомассы и первичной продукции культур сосны на южном пределе бореальных лесов включены в евразийскую базу данных [9, 10] и способствуют более корректному расчету продукционного потенциала и приходной части углеродного цикла лесопокрываемых площадей.

Библиографический список

1. Агроклиматический справочник Кустанайской области; под ред. Э.С. Зарембо. – Алма-Ата, 1969. – 200 с.
2. Арманд, А.Д. Переход экосистем через критические состояния в пространстве / А.Д. Арманд, Г.В. Кушнарера // Экосистемы в критических состояниях. – М.: Наука, 1989. – С. 75–138.
3. Гвоздецкий, Н.А. Казахстан / Н.А. Гвоздецкий, В.А. Николаев. – М.: Мысль, 1971. – 281 с.
4. Грибанов, Л.Н. Степные боры Алтайского края и Казахстана / Л.Н. Грибанов – М.: Гослесбуиздат, 1960. – 155 с.
5. Дружинин, Ф.Н. Особенности формирования и роста подпологовой ели в лиственных насаждениях / Ф.Н. Дружинин // Труды Ин-та леса НАН Беларуси. Вып. 58. – Гомель, 2003. – С.115–116.
6. Колесников, Б.П. и др. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области / Б.П. Колесников, Р.С. Зубарева, Е.П. Смолоногов. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1974. – 176 с.
7. Леса России-2005 // Российская лесная газета, 2006. – № 8–10.
8. Маланьин, А.Н. Дерново-боровые почвы островных боров Северного Казахстана / А.Н. Маланьин // Изв. АН КазССР, серия «Биология». – 1979. – № 2. – С. 73–79.
9. Усольцев, В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных и география / В.А. Усольцев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2001. – 707 с.
10. Усольцев, В.А. Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и ее приложения / В.А. Усольцев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2007. – 638 с.
11. Усольцев, В.А. Методы определения биологической продуктивности насаждений / В.А. Усольцев, С.В. Залесов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2005. – 147 с.
12. Чмыр, А.Ф. Лесные культуры. Методические указания по исследованию корневых систем древесных пород / А.Ф. Чмыр. – Л.: ЛЛТА, 1984. – 40 с.
13. Brown S. et al. Biomass of tropical tree plantations and its implications for the global carbon budget / S. Brown, A. Lugo, J. Chapman // Can. J. For. Res. 1986. Vol. 16. No. 2. P. 390-394.

МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ И АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ АТМОСФЕРНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

В.В. ФОМИН, доц. каф. биофизики УГЛТУ, канд. с.-х. наук,
 А.С. ПОПОВ, асс. каф. биофизики УГЛТУ,
 Н.Ф. НИЗАМЕТДИНОВ, асп. каф. таксации и лесоустройства УГЛТУ,
 Ю.В. ШАЛАУМОВА, асп. каф. лесоводства УГЛТУ,
 С.А. ШАВНИН, проф., директор Ботанического сада УрО РАН, д-р биол. наук

Экологи и лесоводы располагают значительным арсеналом способов оценки состояния древостоев, произрастающих в условиях загрязнения атмосферы промышленными выбросами. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. В настоящее время предпочтение отдается методикам, в основе которых лежат прямые и косвенные измерения. Однако визуальная оценка древостоев также активно используется при проведении санитарного обследования лесов. Преимуществами визуальной оценки перед инструментальными измерениями и комплексной морфофизиологической оценкой состояния древостоев [8] являются скорость проведения работ и их относительная дешевизна. Недостатки данного подхода – субъективность оценок и трудности определения промежуточных категорий ослабленности деревьев.

Современный уровень развития технологий анализа изображений и программно-аппаратной базы позволяют в значительной степени избавиться от описанных выше недостатков.

Объекты и методика

Оценку состояния древостоев проводили на территории, прилегающей к Среднеуральскому медеплавильному заводу (СУМЗ). В качестве объекта исследования были выбраны молодые (20–40 лет) и старшевозрастные (70–130 лет) сосновые насаждения, произрастающие на разном удалении от источника загрязнений. На рисунке приведена карта-схема расположения пробных площадей (ПП) в районе исследований. Участки подбирали парами так, чтобы в каждом конкретном месте рядом располагались молодые и старшевозрастные сосновые

древостои. Однако в ряде случаев оказалось невозможно обнаружить сосновые древостои старших возрастов, в результате было заложено 15 ПП в сосновых молодняках искусственного происхождения и 12 – в старшевозрастных насаждениях.

На указанных участках был проведен поперечный перебор в соответствии с общепризнанными методиками [4]. На каждой пробной площади подбирали модельные деревья с диаметрами, близкими к среднему (в молодняках – 20, в старшевозрастных – 6–10), у которых измеряли диаметр на высоте 1,3 м с точностью до 0,1 см. У каждого дерева на этой высоте были взяты керны древесины.

Рассчитывали обобщенный показатель состояния ($ОПС_{морф}$) на основе двух показателей – диаметра деревьев и радиального прироста ствола за 5 лет. Древостои на пробных площадях имеют разный возраст, поэтому для получения корректной оценки их состояния диаметры модельных деревьев были приведены к одному возрасту – молодняки к тридцати, а старшевозрастные древостои к семидесяти годам. Приведение диаметров деревьев к единому возрасту проводили путем прибавления или вычитания величин радиальных приростов за соответствующие периоды. Расчет $ОПС_{морф}$ стволов проводили с использованием математической модели, разработанной на основе функции желательности Харрингтона [8]. Данная методика

была доработана для получения возможности оценки состояния каждого дерева на пробных площадях. В качестве контрольного участка была принята пробная площадь № 4, расположенная на расстоянии 18,9 км (молодняки) и 19,1 км (старшевозрастные) к юго-востоку от источника загрязнений [7]. Медиана является более устойчивой статистикой по сравнению со средним арифметическим при условии, что выборка не подчиняется нормальному распределению. Поэтому медиана, первый и третий квартили были выбраны для представления результатов. Интервалам значений $ОПС_{морф}$ соответствуют качественные определения состояний древостоев. Если показатель имеет значение 25 баллов и ниже, то состояние оценивается как очень плохое, 26–35 – плохое, 36–45 – удовлетворительное и свыше 45 – хорошее [8].

Морфофизиологические показатели древостоев позволяют комплексно подойти к решению проблемы оценки состояния. С этой целью в сосновых молодняках искусственного происхождения у модельных деревьев определяли высоту и приросты по высоте за последние 5 лет (по мутовкам). Небольшая высота молодых деревьев позволила брать из средней части кроны хвою с целью изучения пигментного состава ее фотосинтетического аппарата. Определение содержания хлорофилла *a* проводили по общепризнанной методике [3].

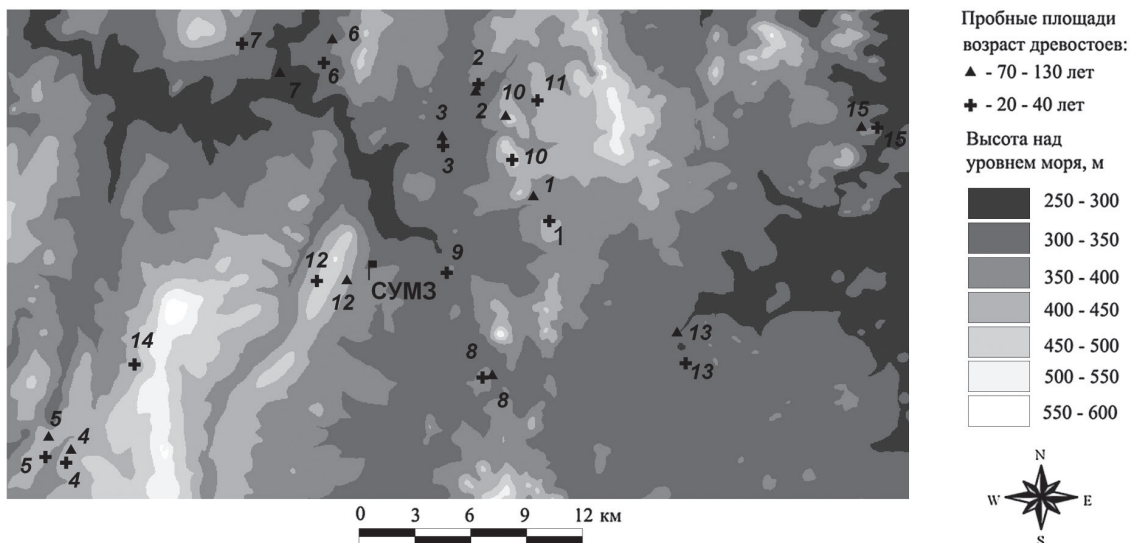


Рисунок. Карта-схема расположения пробных площадей в районе исследований. Флагом обозначено местоположение Среднеуральского медеплавильного завода (СУМЗ)

На основе пяти показателей состояния (по диаметру, радиальному приросту за 5 лет, высоте, приросту по высоте за 5 лет, содержанию хлорофилла a), найденных для каждого модельного дерева в молодняках сосны, получали обобщенный показатель состояния, рассчитанный на основе морфофизиологических характеристик ($ОПС_{\text{морф+хл. } A}$). Методика расчета этого показателя аналогична той, что использовалась при определении $ОПС_{\text{морф}}$.

Крона модельных деревьев старших возрастов располагается на значительном удалении от земли, поэтому сбор хвои на анализ практически невозможен.

Автоматизированный метод оценки состояния деревьев по цифровым фотографиям с использованием компьютерной системы анализа изображений был разработан с целью устранения крупных недостатков глазомерного метода, а также для упрощения оценки состояния кроны высоких деревьев.

На пробных площадях была произведена фотосъемка кроны деревьев цифровым фотоаппаратом Canon EOS D350. При фотографировании деревья подбирали таким образом, чтобы крона дерева не перекрывалась кронами соседних деревьев. При этом добивались того, чтобы на снимке была видна вся крона. Фотосъемку производили в дневное время в режиме с автоматической настройкой баланса белого.

Методика обработки изображений реализована в системе анализа изображений SIMAGIS Research (SIAMS (Россия) и Smart Imaging Technologies (США)). Данный программный продукт представляет собой систему анализа изображений, разработанную по технологии электронных таблиц. Ячейки такой таблицы могут обрабатывать изображения, числовые и текстовые данные. При обработке фотографии в цифровом виде строится цепочка взаимосвязанных ячеек. При этом каждый этап анализа доступен для визуального контроля эксперта. Для обработки нового изображения достаточно просто поместить его в начальную ячейку цепочки обработки. Полученные фотографии были обработаны в автоматизированной системе по анализу изображений. Для каждой пробной площади было обработано не менее 5 фотографий.

На основании полученных данных рассчитывали обобщенный показатель состояния ПП ($ОПС_{\text{фото}}$) для каждого дерева и на пробную площадь в целом. Следует отметить, что увеличение значений $ОПС_{\text{фото}}$ свидетельствует об ухудшении состояния древостоев.

На всех ПП были взяты образцы почв и проведено измерение содержания в них меди. Образцы были подготовлены к анализу по стандартной методике [1] с использованием сита диаметром 0,312 мм. Измерение концентрации меди проводили по общепризнанной методике в вытяжках, полученных при обработке образцов азотной кислотой, на атомно-абсорбционном спектрометре «Спираль-14» (среднее квадратичное отклонение $< 7\%$).

Статистическую обработку данных проводили в статистическом пакете «R».

Результаты

В табл. 1 и 2 представлены значения содержания меди в почве, а также величины обобщенного показателя состояния, рассчитанного исходя из значений приведенных диаметров и радиальных приростов за 5 лет ($ОПС_{\text{морф}}$). Для молодняков приведены значения обобщенного показателя состояния, рассчитанные на основе комплекса морфофизиологических характеристик ($ОПС_{\text{морф+хл. } A}$). Обобщенные показатели состояния, вычисленные по фотографиям ($ОПС_{\text{фото}}$), приведены для старшевозрастных сосновых насаждений.

Переведа числовые значения, представленные в столбце « $ОПС_{\text{морф}}$ » двух таблиц, в качественные показатели, получили возможность сопоставить состояния древостоев различных возрастов, произрастающих в непосредственной близости друг от друга. Сосновые молодняки в основном характеризуются хорошим (восемь пробных площадей) и удовлетворительным (четыре пробные площади) состоянием. Плохим состоянием характеризуются древостои ПП 1 и ПП 11, расположенные на восточной границе Первоуральска. Низкие величины обобщенного показателя состояния, рассчитанного на основе значений приведенных диаметров и радиальных приростов за 5 лет, на этих пробных площадях объясняются отчасти их местоположением в верхней части рельефа (рисунок).

Т а б л и ц а 1

Обобщенные показатели состояния древостоев в сосновых молодняках искусственного происхождения, рассчитанные по диаметрам и радиальным приростам (ОПС_{морф}) и комплексу морфофизиологических характеристик (ОПС_{морф+хл.А})

№ ПП	Расстояние до СУМЗ, км	Содержание меди в почве, мг/г	ОПС _{морф}		ОПС _{морф. + хл. А}	
			медиана	1-ый квартиль/ 3-ий квартиль	медиана	1-ый квартиль/ 3-ий квартиль
1	10,0	233	27,0	24,0 / 29,8	39,7	36,2 / 43,2
2	11,9	46	55,1	46,9 / 60,7	58,7	52,7 / 64,6
3	8,0	211	38,9	31,3 / 40,8	42,6	36,6 / 48,9
4	19,2	30	65,6	58,4 / 67,3	60,8	57,1 / 64,2
5	20,0	23	62,9	56,8 / 66,2	62,3	57,6 / 65,9
6	11,8	95	33,2	23,3 / 41,2	33,9	28,5 / 41,5
7	14,3	23	49,2	37,3 / 54,9	57,4	49,8 / 61,1
8	8,0	362	46,5	40,9 / 49,3	56,7	52,5 / 61,8
9	4,0	376	11,3	9,4 / 13,7	9,3	7,5 / 11,6
10	9,8	118	37,3	31,9 / 41,7	47,0	43,9 / 50,7
11	13,0	117	22,9	19,2 / 26,0	37,5	32,8 / 40,1
12	3,0	360	37,8	36,6 / 42,2	34,7	32,8 / 39,0
13	17,5	101	53,3	49,0 / 62,1	57,4	50,5 / 64,1
14	13,6	23	68,1	62,3 / 70,7	61,9	58,0 / 66,9
15	28,3	46	49,2	45,5 / 51,3	52,5	47,1 / 56,9

Т а б л и ц а 2

Обобщенные показатели состояния старшевозрастных сосновых древостоев естественного происхождения, рассчитанные по диаметрам и радиальным приростам (ОПС_{морф}), по фотографиям (ОПС_{фото}) за последние 5 лет

№ ПП	Расстояние до СУМЗ, км	Содержание меди в почве, мг/г	ОПС _{морф}		ОПС _{фото}	
			медиана	1-ый квартиль/ 3-ий квартиль	медиана	1-ый квартиль/ 3-ий квартиль
1	9,8	432,5	38,9	32,2 / 48,0	0,26	0,22 / 0,30
2	11,5	59,9	34,9	27,2 / 38,9	0,18	0,12 / 0,20
3	8,4	274,2	30,8	25,0 / 33,6	0,22	0,18 / 0,25
4	18,6	25,3	59,4	48,0 / 65,1	0,12	0,11 / 0,16
5	19,3	63,1	37,3	30,7 / 45,6	0,14	0,14 / 0,14
6	12,9	129	37,4	33,9 / 42,4	0,18	0,16 / 0,19
7	12,0	170,8	32,1	25,9 / 40,0	0,20	0,17 / 0,22
8	9,8	364,5	13,5	13,0 / 15,0	0,18	0,15 / 0,20
10	11,3	81,5	40,5	39,9 / 43,5	0,16	0,15 / 0,16
12	1,3	280,7	17,9	17,5 / 18,3	0,21	0,18 / 0,24
13	16,7	129,1	36,4	34,0 / 40,3	0,20	0,19 / 0,21
15	27,6	281	21,0	18,4 / 27,4	0,19	0,18 / 0,19

Плохое состояние древостоев вызвано относительно близким их расположением к СУМЗ. Кроме того, в районе исследований преобладают ветры западного направления, что способствует переносу загрязненных поллютантами воздушных масс в направлении данных участков. Положение в рельефе также может косвенно влиять на рост древостоев, т.к. на верхних частях склона встречаются мало-мощные и относительно бедные почвы. Очень

плохое состояние имеет древостой пробной площади № 9, находящейся в непосредственной близости от источника загрязнения.

Старшевозрастные древостои шести из двенадцати пробных площадей характеризуются удовлетворительным состоянием. В очень плохом состоянии находятся древостои ПП 8 и ПП 12, располагающиеся на возвышенных элементах рельефа вблизи СУМЗ. Плохое состояние имеют древостои на про-

бных площадях 3, 7 и 15, расположенных в непосредственной близости от Первоуральска, поселка Билимбай и Екатеринбурга соответственно. Величина $ОПС_{морф}$ характерная для древостоев с хорошим состоянием, получена только для контрольной ПП 4.

Таким образом, состояние молодых сосновых древостоев искусственного происхождения, произрастающих на территории района исследования, несколько лучше состояния расположенных рядом с ними старшевозрастных древостоев.

Содержание меди в почве является показателем уровня техногенной нагрузки, которую испытывает древостой в определенной точке района исследований. Значения этого параметра на пробных площадях коррелируют с величинами обобщенного показателя состояния, рассчитанного по величинам диаметров и радиальных приростов за последние 5 лет. Коэффициент корреляции между содержанием меди в почве и $ОПС_{морф}$ молодых и старшевозрастных древостоев находится на одном уровне и составляет значение $-0,55$ на уровне значимости меньше $0,05$. Возрастание содержания металла в почве сопровождается снижением обобщенного показателя, а значит ухудшением состояния насаждений. Этот факт позволяет утверждать, что величины обобщенных показателей состояния зависят от уровня аэропромышленного загрязнения.

Для получения объективной и точной оценки состояния древостоя желательно использовать не только показатели, которые характеризуют ростовые процессы в деревьях, но и особенности протекания в них физиологических процессов. Дополнение $ОПС_{морф}$ молодняков данными о приведенных высотах, приростах по высоте за последние 5 лет и содержании хлорофилла *a* в хвое модельных деревьев позволило сделать оценку древостоев более точной. Коэффициент корреляции между $ОПС_{морф+хл. A}$ и показателем загрязненности почвы медью составил $-0,66$ при уровне значимости ниже $0,01$.

Обобщенный показатель состояния старшевозрастных древостоев, рассчитанный по фотографиям крон деревьев ($ОПС_{фото}$), также коррелирует с величиной содержания меди в почве ($r = 0,55$, уровень значимости $< 0,05$),

то есть увеличение содержания металла в почве сопровождается ростом показателя $ОПС_{фото}$, что соответствует ухудшению состояния древостоя. Древостои ПП 4 и 5, расположенные на удалении 19,1 и 19,7 км в юго-западном направлении от СУМЗ, имеют наименьшие значения показателя $ОПС_{фото}$, что соответствует хорошему состоянию. Насаждения ПП 1, 3 и 12 характеризуются высокими значениями $ОПС_{фото}$, что позволяет оценить их состояние как плохое. Данные участки расположены на удалении 9,4, 8,8 и 1,8 км от завода. Медианы $ОПС_{фото}$ на данных пробных площадях достоверно отличаются от аналогичных показателей ПП 4 и 5. Значения медиан обобщенного показателя состояния, рассчитанного по фотографиям крон, для участков с удовлетворительным состоянием древостоев находятся в интервале между $0,15$ и $0,20$. Таким образом, анализ фотографий крон деревьев сосны старших возрастов позволил выделить три состояния древостоев (хорошее, удовлетворительное, плохое) на основании вычисления $ОПС_{фото}$.

Проведенные нами исследования показали, что молодые насаждения, произрастающие в районе действия СУМЗа, находятся в лучшем состоянии, чем старшевозрастные. При использовании комплекса морфометрических и физиологических характеристик деревьев достигается более точная оценка состояния древостоев. Для решения этой задачи применительно к древостоям старших возрастов перспективным выглядит использование метода автоматизированного анализа фотоизображений кроны. При этом метод применим как для проведения экспресс-оценки, так и в сочетании с другими методами оценки состояния древостоев.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты: № 06-04-49359, № 04-04-96143) и Федерального агентства по науке и инновациям (проект НШ-9692-2006.4, 2006-07 гг).

Библиографический список

1. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: МГУ, 1970. – 492 с.
2. Крючков, В.А. Химический анализ лесного растительного сырья / В.А. Крючков, Г.Н. Новоселова, И.П. Степанова. – Свердловск, 1988. – 74 с.

3. Методы биохимического анализа растений / под ред. В.В. Полевого – Л.: ЛГУ, 1978. – 192 с.
4. Огиевский, В.В. Обследование и исследование лесных культур / В.В. Огиевский, А.А. Хиров. – М.: Лесная пром-сть, 1974. – 24 с.
5. ОСТ-56-69-83 Пробные площади лесоустойчивые. Метод закладки. – М., 1984. – 60 с.
6. Попов, А.С. Комплексная сравнительная оценка состояния сосновых древостоев в зоне влияния аэропромышленных выбросов Среднеуральского медеплавильного завода: дисс. ... канд. с.-х. наук / А.С. Попов. – Екатеринбург, 2006. – 20 с.
7. Фомин, В.В. Морфофизиологическая оценка состояния сосновых молодняков в зоне действия атмосферных загрязнений Первоуральско-Ревдинского промышленного узла: дисс. ... канд. с.-х. наук / В.В. Фомин. – Екатеринбург, 1998. – 23 с.
8. Shavnin S.A., Fomin V.V., Marina N.W. Application of the generalized state index determination to ecological monitoring of forest in polluted areas // Measurements and Modeling in Environmental Pollution. – Southampton UK and Boston USA: Computational Mechanics Publication, 1997. – P. 339-407.

ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ ЗОЛОТВАЛА И МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ НА НИХ ПАРКОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ТЮМЕНИ

Б.Е. ЧИЖОВ, *дир. Тюменской лесной опытной станции, д-р с.-х. наук,*
 Н.Г. ПАРЫГИНА, *асс. каф. ландшафтного строительства УГЛТУ,*
 А.В. СУСЛОВ, *студент УГЛТУ,*
 Л.И. АТКИНА, *проф. каф. ландшафтного строительства УГЛТУ, д-р с.-х. наук*

В нашей стране, да и во всем мире, с каждым десятилетием возрастает количество нарушенных территорий, которые после использования остаются не востребуемыми и запущенными. Они либо становятся местом общественных свалок, либо зарастают сорной растительностью. С другой стороны, уменьшается размер зеленого радиуса городов, что неблагоприятно сказывается на качестве жизни горожан. Сам собой напрашивается вывод о необходимости освоения и благоустройства нарушенных территорий с целью создания зон рекреации. Такой подход решит сразу две задачи: задачу улучшения земель и организации дополнительных мест отдыха горожан.

Согласно классификации Б.П. Колесникова (1974) [1], золоотвалы могут быть отнесены к семейству А – отвалам, образованным минеральными грунтами, классу II – отвалам, сложенным породами и рудами, подвергнутыми частичной или полной переработке, группе «б» – бедным по обеспеченности доступными элементами питания для растений, прежде всего азотом. Золоотвалы относятся в большинстве к типу отвалов, пригодных для биологической рекультивации после улучшения. Преодоление неблагоприятных свойств для возделывания растений на золоотвалах производится, как правило,

двумя путями: улучшением свойств субстрата до уровня, пригодного для биологической рекультивации, и подбором ассортимента видов, толерантных к комплексу экологических условий золоотвала. Чаще всего используются оба пути одновременно.

В настоящее время накоплен значительный опыт биологической рекультивации золоотвалов тепловых электростанций. Однако при проектировании и практическом проведении рекультивационных работ требуется индивидуальный подход, а учет конкретных экологических условий и возможностей предприятия позволяет найти оригинальные решения, способствует успешному проведению рекультивации и снижению затрат на ее проведение. Установлено, что на Среднем Урале на золе с органическим покрытием из сеяных культур наибольшей устойчивостью обладают представители семейства злаковых: костреч безостый, ежа сборная, овсяница луговая, овсяница красная, тимофеевка луговая, регнерия волокнистая; из бобовых – люцерна средняя, эспарцет песчаный [1].

Интересная серия работ проведена сотрудниками Института леса УрО РАН на золоотвале Рефтинской ГРЭС по оценке роли отдельных экологических факторов при лесовосстановлении на золоотвалах. Экспериментально опробован большой ассортимент

деревьев и кустарников (35 видов) и дана исчерпывающая характеристика их пригодности для лесовосстановления на золоотвалах лесной зоны.

Опыт биологической рекультивации Верхнетагильской ГРЭС показал достаточность для прекращения пыления полосного нанесения грунта даже на части отвала по краевому периметру. Полосы наносились перпендикулярно господствующему направлению ветра, ширина полос 7–10 м с таким же межполосным пространством.

В Болгарии была разработана технология обезвреживания золоотвалов и их использования для сельскохозяйственных целей. В Румынии в 1977 г. начаты исследования по определению степени пригодности золы для выращивания растений и подбору ассортимента видов для этих целей. Проведенные в вегетационных сосудах опыты позволили выявить в большой мере ассортимент растений, культуры которых возможны на золе, и определить методы их выращивания.

Исследовательские и практические работы по рекультивации золоотвалов проводились и в других странах Европы. Эти работы объединяет лесное направление биологической рекультивации и значительные объемы практических работ на фоне подробного исследования свойств золы в качестве субстрата для выращивания растений.

На нарушенных промышленностью землях, к которым относятся золоотвалы тепловых электростанций, на субстратах, не имеющих аналогов в природе, фитоценозы начинают формироваться с нулевого стартового момента. В целом в фитоценозах техногенных ландшафтов без искусственного улучшения экологических условий наблюдается снижение видового разнообразия, замена стенотопных видов эвритопными. Формирующиеся сообщества довольно однотипны.

На примере золоотвалов как Верхнетагильской, так и Южноуральской ГРЭС установлено, что первые 10–15 лет после окончания эксплуатации золоотвалов наблюдается задержка в формировании растительных сообществ, обусловленная перевеванием субстрата по мере высыхания и гибелью растений на ранних стадиях развития. Са-

мозарастание отвалов наступает лишь через 30–35 лет после их создания. Примерно в такой же срок и рекультивированные отвалы подвергаются окончательной трансформации, т.к. за ними дальнейший уход чаще всего не осуществляется.

Исследуемый объект находится на окраине города Тюмени, рядом с деревней Букино, на месте бывших золоотвалов Тюменской ТЭЦ. Тюменские шламонакопители были созданы в период, когда ТЭЦ-1 работала на сжигании торфа, с целью захоронения золы. Земснаряды из прилегающих к ТЭЦ водоемов забирали донные песчаные отложения и в виде водной пульпы подавали на ТЭЦ, где в пульпу добавлялась зола. Водная смесь песка с золой по трубам направлялась в шламонакопители.

Территория шламонакопителей на протяжении почти 40 лет не была вовлечена в сельскохозяйственное использование и начала зарастать различными видами трав, деревьев и кустарников.

Цель проведенных исследований – выявление возможности создания рекреационных объектов на месте зольников и разработка путей и методов их реализации.

Работы по инвентаризации проводились в августе-сентябре 2006 г. Определялись следующие показатели:

- 1) видовой состав древесных и кустарниковых растений;
- 2) оценка жизненного состояния существующих насаждений методом визуального обследования и путем изучения корневой системы;
- 3) основные почвенные характеристики (рН, РК).

В результате исследований установлено, что в настоящее время на территории шламонакопителей произрастает 9 видов деревьев и кустарников. Под древесной растительностью занято в среднем 40–60 % территории, на отдельных участках – до 70 %.

Наиболее распространены (рис. 1): осина – 41 %; тополь бальзамический – 23 %; различные виды ив – 19 %. Среди порослевых растений примерно такая же картина (рис. 1): осина – 50 %; береза повислая – 21 %; ива – 12 %.

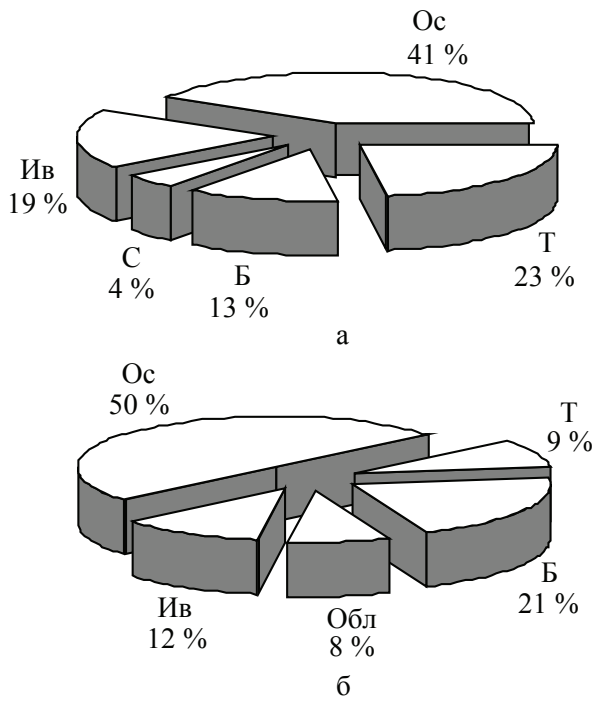


Рис. 1. Соотношение видов древесных растений на зольнике № 1: а – деревья с диаметром более 3 см; б – поросль

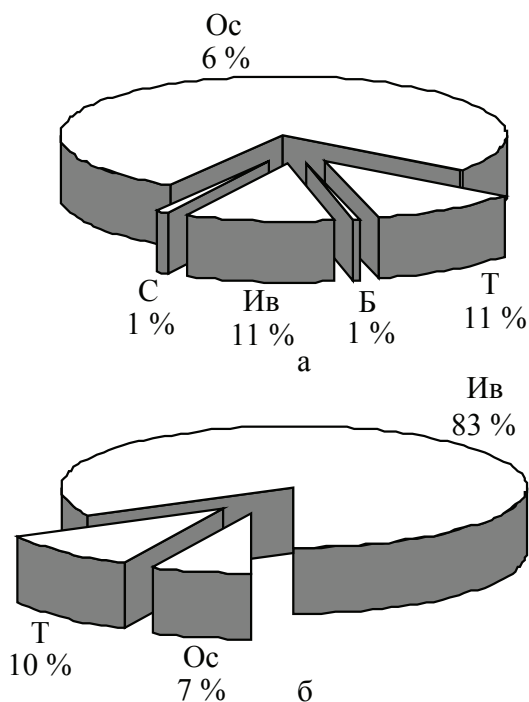


Рис. 2. Соотношение видов древесных растений на зольнике № 2: а – деревья с диаметром более 3 см; б – поросль

На территории зольника № 3 среди ярусобразующих деревьев наиболее широко представлены (рис. 2): осина – 76 %; тополь бальзамический – 11 %; различные виды ив – 11 %. Среди порослевых отпрысков пример-

но такое же соотношение (рис. 2): ива – 83 %; тополь бальзамический – 10 %; осина – 7 %.

Почвенные раскопки показали, что корни тополей проникают в шлам на глубину более 0,8 м. Препятствием для их роста служат уплотненные прослойки в шламе, встречающиеся на глубинах от 0,3 до 1,5 м.

Влияние химической токсичности шлама не отразилось на внешнем виде ассимиляционных органов. Листовые пластинки всех деревьев имеют нормальные или укрупненные размеры, полностью зеленые. У всех деревьев и кустарников хороший прирост в высоту и по диаметру. У сосны прирост в высоту достигает 80 см. Расселение деревьев и кустарников сдерживается не неблагоприятными качествами шлама, а конкуренцией травяного покрова и практически ежегодным выгоранием ветоши трав в весенний период. Весенние пожары уничтожают самосев деревьев и кустарников, и только осина, размножающаяся корневыми отпрысками, постепенно расширяет занятые ею территории.

О благоприятных растительных качествах шлама свидетельствует густой и высокий травяной покров, в котором при рекогносцировочном обследовании обнаружено более 20 видов растений местной флоры. Преобладающими являются: тростник обыкновенный (высотой до 2 м), вейник наземный (высотой до 1 м), донник лекарственный и хамаенерион узколистный (Иван-чай).

Как показал анализ механического состава, шлам следует отнести к пылеватым пескам с содержанием глинистой фракции 9 %.

Т а б л и ц а

Данные лабораторных испытаний почвенных образцов с зольников № 1 и № 2

Показатель	Единицы измерения	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4
Фосфор общий	мг/кг	129,1	88,1	419,2	2,63
Калий общий	мг/кг	342,2	136,3	391,6	341,0
Кислотность рН	ед. рН	6,36	6,66	8,03	7,85
Азот нитратный	мг/кг	<1,0	<1,0	1,2	<1,0
Азот аммонийный	мг/кг	3,0	0,8	4,0	0,8

По содержанию подвижных форм *НПК* шлам следует характеризовать как субстрат, достаточно благоприятный для произрастания древесной и травяной растительности (таблица).

Таким образом, предпроектный анализ растительности и почв шламонакопителей показал, что эти территории вполне пригодны для создания дендропарка.

Однообразие и эстетическая непривлекательность естественных зарослей, состоящих из осины, ивы, а также участков, занятых тростником и вейником наземным, требует обогащения их декоративными деревьями и кустарниками или создания на их месте новых парковых композиций.

Для преобразования растительных сообществ, сформировавшихся на территории шламонакопителей, можно рассматривать два принципиально разных подхода:

1) уничтожение малоценных в рекреационном отношении растительных сообществ и создание на их месте новых ландшафтных композиций с использованием крупномерного посадочного материала;

2) постепенное преобразование существующих фитоценозов с использованием рубок, гербицидов и введения в их состав более ценных видов.

В силу того, что вариант радикальной замены естественных растительных сообществ парковыми композициями на всей территории шламонакопителей нецелесообразен (огромные затраты труда и денежных средств, потеря возможности использования территории для рекреации в период реконструкции, который составит не менее 5 лет, снижение ее средозащитных функций, вероятность эрозионных процессов – развевание обнаженного шлама, возникновение «пыльных бурь») предлагается использовать этот прием только на небольших участках.

Вариант постепенного преобразования существующих растительных сообществ предполагает проведение ландшафтных рубок в течение одного-двух лет, прокладку прогулочных маршрутов, трансформирование вдоль них живого напочвенного покрова и посадку деревьев и кустарников, которые составят основу нового дендропарка с эле-

ментами ботанического сада. В дальнейшем ландшафтные рубки рекомендуется проводить с периодичностью 5–10 лет.

При сплошной реконструкции на участке полностью удаляется или постепенно вытесняется вся непривлекательная естественная растительность. Частичная реконструкция предполагает создание аллей или рассредоточенных по территории групп ценных деревьев и кустарников. При частичной реконструкции для размещения аллей расчистка нежелательной растительности производится полосами по ширине аллеи плюс 4 м. При посадке биогрупп площадь расчистки должна определяться контурами биогруппы плюс двухметровая защитная зона.

На территории шламонакопителей плужная, фрезерная, дисковая и другие механические способы обработки почвы не могут широко применяться, чтобы исключить развевание золы и образование пыльных бурь. Поэтому рекомендуется два варианта реконструкции (переформирования) малоценных естественных сообществ в парковые композиции: с применением гербицидов комплексного действия и без применения химических средств.

Реконструкция с применением химического метода уничтожения нежелательной растительности предполагает обработку нежелательной растительности быстро разлагающимися в почве гербицидами, вызывающими отмирание вейника наземного, тростника обыкновенного, а также поросли ивы и осины. Для этого используются производные глифосата: глифос, глисол, торнадо в дозах 7–8 л/га. Они вызывают отмирание как наземных частей, так и подземных органов вегетативного возобновления травянистых и древесных растений. Обработки проводят после того, как ива и поросль осины сформировали листья и начали интенсивный рост, а вейник наземный и тростник также сформировали листовую поверхность, достаточную для поглощения гербицида, но ещё не образовали соцветия. Оптимальные сроки опрыскивания – 15–20 июня до середины июля. Обработки можно выполнять и в более поздние сроки (до 10 августа), но

эффективность их будет ниже и для подавления осины, ивы и вейника потребуются дозы 10–12 л/га. Для тростника позднелетние обработки неприемлемы.

Отмершие травы скашивают. Новые деревья и кустарники высаживают без дополнительной обработки почвы в ямы, соответствующие размеру корневых систем саженцев. Семена газонных трав высеваются в бороздки глубиной 3–5 см, с заделкой семян почвой или сплошным посевом в торфопесчаной смеси.

Реконструкция без применения гербицидов более трудоемкая. Нежелательная растительность срезается мотокусторезом на высоте не более 5 см от поверхности почвы. В посадочные ямы высаживаются паркообразующие деревья и кустарники. Семена газонных трав высеваются в бороздки глубиной 3–5 см или сплошным посевом в торфопесчаной смеси после сгребания скошенной травы.

По мере отрастания трав и поросли лиственных пород до высоты более 30 см они скашиваются на минимальной от поверхности почвы высоте (5–8 см). За вегетационный период производится не менее двух укосов.

Под полог древесных насаждений предлагается ввести теневыносливые виды с декоративными листьями (сныть обыкновенная, папоротники), а также ярко цветущие растения местной флоры: различные виды луковичных и орхидных. Количество дикоросов должно быть достаточным, чтобы умеренный сбор горожанами не наносил непоправимого урона их популяциям. Таким образом, будут сформированы хвойные и лиственные насаждения, обогащенные редкими и хозяйственно ценными растениями лесной флоры. В отличие от злаков эти растения дают быстроразлагающийся мертвый опад, который в весенний период пожаробезопасен и будет препятствовать распространению огня, возникающего на хвойной лесной подстилке.

Ландшафтные рубки в каждом типе насаждений имеют свою специфику. В осинниках в первые два года убирается сухостой и мелкая поросль диаметром до 7 см, а также большие и непривлекательные экземпляры осины, мешающие росту перспективных пар-

кообразующих деревьев. Для предотвращения разрастания злакового покрова сомкнутость верхнего полога не сокращается менее 0,6. Там, где напочвенный покров представлен широколиственными растениями, а также на участках, где после обработки глифосатом посажены ель, кедр и другие паркообразующие породы, изреживание может быть более интенсивным.

В дальнейшем, после достижения вновь высаженных древесных пород высоты 1,5 м, производится интенсивное изреживание осинников с целью обеспечения интенсивного роста перспективных паркообразующих деревьев. В конечном итоге могут формироваться следующие типы фитоценозов:

- осинник без подлеска сомкнутостью 0,6–0,7 с покровом из теневыносливых растений;
- осинник сомкнутостью 0,5–0,6 со вторым ярусом из ели или пихты;
- смешанный березово-осиновый древостой с постепенным формированием березняка полнотой 0,3–0,4 с примесью 2–3 единицы осины;
- чистые ельники, пихтарники, кедровники на месте бывших осинников с куртинами крупных осин, удаленных друг от друга на 50–100 м.

В зарослях облепихи первоначально убираются лишние мужские особи и мелкая поросль облепихи. Формируется насаждение с расстоянием между деревьями 2,5–3,5 м и соотношением мужских и женских особей 1:4 – 1:5. Полностью сохраняются деревья сосны и березы, вокруг которых облепиха вырубается в радиусе 2–3 м. Осина оставляется куртинами из 2–4 деревьев с расстоянием между ними 30–80 м.

Смешанные осиново-облепиховые сообщества с количеством облепихи менее 6 экз. женских особей на 100 м² формируются по типу осинников, в которые вкраплены куртины облепихи. Вокруг куртин облепихи осина удаляется так, чтобы облепиха получила прямое солнечное освещение. Облепиха под пологом осинников, имеющая слаборазвитую неплодоносящую крону, вырубается.

В сосново-облепиховых и сосново-осиновых сообществах паркообразующей

породой принимается сосна. Деревья осины и облепихи, превышающие по высоте и затеняющие сосну, вырубаются. Облепиха высотой менее сосны оставляется на расстоянии не ближе 3 м от сосны. Во всех случаях сомкнутость насаждений в первые 3 года не снижается менее 0,6.

После первого приема рубок в насаждениях высотой более 5 м на 1 га оставляется не более 1 тыс. деревьев паркообразующих видов, относительно равномерно размещенных по территории. В насаждениях высотой менее 3 м оставляется 2 тыс. экз./га. Появляющаяся весной пневая поросль березы, осины, ивы, облепихи и тополей срезается в середине июля мотокусторезом вместе с хорошо развившимся травяным покровом. В августе проводится второе скашивание вновь образующейся поросли и трав. В последующие годы ежегодно проводится минимум 1–2 укоса.

Через 3–5 лет, после того как корневые системы срезанных деревьев и кустарников будут полностью истощены и станут неспособными давать обильную поросль, оставленные паркообразующие деревья разовьют хорошие кроны, проводится второй прием рубок, направленный на выборку второстепенных пород и оставление преимущественно в виде куртин целевых паркообразующих видов. После второго приема ландшафтной рубки общее число оставленных деревьев будет составлять 500–600 шт./га. Если к этому моменту не смог сформироваться естественный газон из низовых злаков, ранней весной производится посев их семян и минимум два ежегодных прокашивания, дающих преимущества газообразующим видам. На заключительном этапе переформирования естественных сообществ количество паркообразующих деревьев не должно превышать 300–350 экз./га с куртинным их размещением. Все насаждения должны иметь смешанный состав с участием сопутствующих пород не более 0,4 их состава. Чистые по составу насаждения планируются только для небольших участков тополей,

осины, а также для дубравы, лиственничной и березовой рощи.

Перспективное соотношение древесных пород после ландшафтных рубок представлено на рис. 3 и 4.

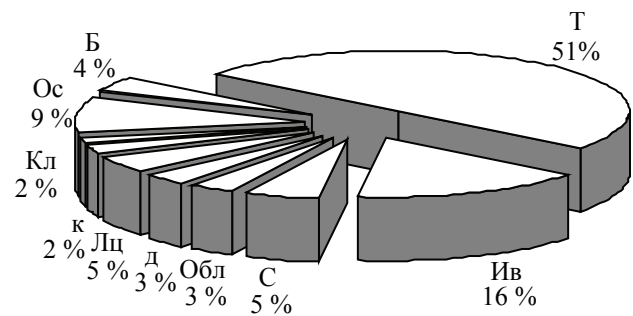


Рис. 3. Характеристика насаждений естественного происхождения на заключительном этапе их формирования (зольник № 1)

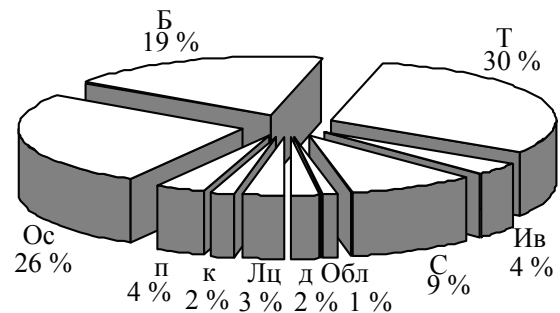


Рис. 4. Характеристика насаждений естественного происхождения на заключительном этапе их формирования (зольник № 2)

Все рекомендованные и описанные выше мероприятия (ландшафтные рубки, обработка глифосатом) были проведены в течение лета 2006 г.

Таким образом, традиционный подход к рекультивации территорий методом создания лесных культур может быть расширен. При отсутствии вредных для человека проявлений со стороны грунта вполне возможно создавать рекреационные объекты паркового типа.

Библиографический список

1. Махнев, А.К. Экологические основы и методы биологической рекультивации золоотвалов тепловых электростанций на Урале / А.К. Махнев, Т.С. Чибрик, М.Р. Трубина и др. – Екатеринбург: Уро РАН, 2002. – 356 с.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОРНЕЙ *PICEA OBOVATA* НА ОСУШЕННЫХ НИЗИННЫХ БОЛОТАХ СРЕДНЕГО УРАЛА

А.С. ЧИНДЯЕВ, *проф. каф. лесных культур и мелиорации УГЛТУ, д-р биол. наук,*
А.В. ПОРОШИЛОВ, *каф. начертательной геометрии и машиностроит. черчения УГЛТУ*

Изучение строения и развития корневых систем основных лесообразующих пород в различных условиях позволяет глубже понять взаимосвязь древесных растений со средой, выяснить, каким путем идет приспособление корней древесных пород к неблагоприятным факторам окружающей среды, оценить их реакцию на изменение условий среды и выработать мероприятия для улучшения роста леса [2, 3, 5].

Как известно, строение корневых систем деревьев в условиях избыточного увлажнения прежде всего определяется дренированностью почв. На слабо дренированных почвах ель формирует поверхностную корневую систему с максимальным проникновением корней до 20–30 см [1]. Длина скелетных корней ели в таких условиях для низинных болот составляет в среднем – 3,4 м с амплитудой колебания значений – 1,0–5,1 м [2].

Наибольшая глубина проникновения корней дает представление о максимальном объеме почвы, доступном древостою. Однако вследствие неравномерной загруженности этого объема почвы степень извлечения пита-

тельных веществ из разных слоев почвы неодинакова, значение того или иного горизонта почвы в питании древостоя пропорционально корненасыщенности этого горизонта почвы, особенно мелкими сосущими корнями [1].

Объекты и методика

Район исследований, в соответствии с лесорастительным районированием Б.П. Колесникова, расположен в Южно-таежном лесорастительном округе Зауральской холмисто-предгорной провинции [4]. Исследования проводились на стационаре «Мостовое», расположенном в 40 км севернее Екатеринбурга.

Болотно-мелиоративный стационар представляет собой осушенное низинное болото. Осушение низинного болота выполнено в 1989 г. сетью открытых каналов с расстоянием между ними 120–160 м. Мощность торфа достигает до 2,5 м. Изучение проводилось в осушенных древостоях с различной степенью осушения, в качестве контроля принят неосушенный участок стационара (табл. 1) [8].

Т а б л и ц а 1

Таксационная характеристика древостоев на пробных площадях

ППП	Тип леса	Состав	Средние		Класс		Полнота		Число стволов, шт./га	Запас, м ³ /га
			Д, см	Н, м	возраста	бонитета	абс. м ² /га	отн.		
Гидроствор 1 (Ос 19–17, расстояние между каналами – 160 м)										
11	Е _{ос-тр}	5Б3Е2С	21,0	16	VIII	V	35,84	1,34	1354	226,7
12	Е _{ос-тр}	2Е4С4Б	24,4	18	V	IV	37,93	1,34	1356	263,1
13	Е _{ос-тр}	7Е2Б1С	15,7	14	V	V	16,15	0,61	647	113,7
12	Е _{ос-тр}	10Е	15,5	14	V	V	8,24	0,45	447	100,8
15	Е _{ос-тр}	7Е2С1Б	13,5	14	V	V	17,4	0,64	852	109,3
Гидроствор 2 (Ос 17–15, расстояние между каналами – 140 м)										
21	Е _{ос-тр}	8Е1С1Б	14,7	14	V	V	22,61	0,66	1118	155,6
22	Е _{ос-тр}	6Е2С2Б	14,8	14	V	V	13,75	0,54	615	90,9
23	Е _{ос-тр}	8Е1С1Б	13,7	12	V	V	12,75	0,57	984	90,2
24	Е _{ос-тр}	5Е3Б2С	13,2	12	V	V	22,42	0,88	1104	138,4
Контроль (неосушенный участок)										
К.	Е _{ос-тр}	5Е4Б1Ол	9,5	11	V	V	29,57	0,93	1124	87,85

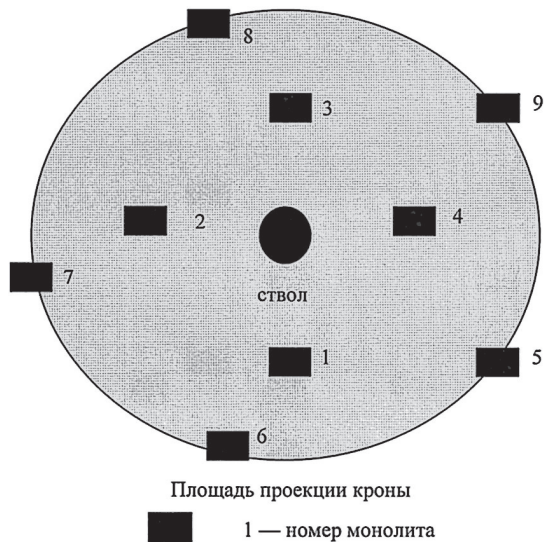


Рис. 1. Схема закладки почвенных монолитов

Работа базировалась на методике Рахтеенко [5]. Для изучения особенностей коренасыщенности был специально изготовлен

корнерез конструкции Ахромейко [5, 6]. Схема заложения монолитов приведена на рис. 1. Поскольку основная корнеобитаемая глубина на осушенных болотах не превышает 40 см [1], изучение особенностей распространения корней проводилось 0–10, 10–20 и 20–30 см.

Результаты и их обсуждение

Анализ полученных данных показывает, что в условиях осушенных низинных болот Среднего Урала распределение коренасыщенности подчиняется общим закономерностям [7]. Как видно из табл. 2, загрузка почвы корнями зависит от степени осушения. Так, вблизи канала до 14 % корней ели и 21 % корней березы располагается в наиболее глубоком 20–30 см слое. Это указывает на то, что в данных условиях корни после осушения углубляются.

Т а б л и ц а 2

Насыщенность почвенных горизонтов корнями ели и березы на осушенных низинных болотах Среднего Урала, г/ %.

Глубина слоя	Диаметр живых корней ели, мм						Диаметр живых корней березы, мм					
	до 1	1–2	2–4	4–10	>10	Всего	до 1	1–2	2–4	4–10	>10	Всего
Вблизи канала (5–10 м от канала)												
0–10	14,42 26,3	42,96 41,3	52,51 41,9	92,24 45,6	252,60 58,1	454,73 49,4	32,37 48,1	66,53 32,8	36,16 29,1	105,87 51,9	69,07 53,1	310,03 42,3
10–20	27,56 50,2	44,67 43,0	46,82 37,4	79,89 39,6	137,73 31,7	336,67 36,6	27,07 40,2	96,47 47,6	55,60 44,8	56,80 27,8	31,29 24,1	267,23 36,7
20–30	12,89 23,5	16,33 15,7	25,87 20,7	29,40 14,8	44,12 10,2	128,62 14,0	7,91 11,7	39,53 19,6	32,47 26,1	41,44 20,3	29,69 22,8	151,04 21,0
Всего 0–30	54,87 100	103,96 100	125,20 100	201,53 100	434,46 100	920,02 100	67,35 100	202,53 100	124,23 100	204,11 100	130,05 100	728,30 100
Середина межканальной полосы (75–80 м от канала)												
0–10	21,67 47,8	38,80 43,7	36,83 42,9	47,29 41,3	53,46 57,4	198,05 46,3	55,19 59,4	51,18 60,9	37,19 47,2	57,46 57,4	0,93 100	201,95 56,6
10–20	13,30 29,4	27,56 31,1	29,63 34,6	43,77 38,3	39,70 42,6	153,96 36,0	32,38 34,8	23,38 27,8	29,57 37,5	30,54 30,5	–	115,77 32,4
20–30	10,34 22,8	22,36 25,2	19,29 22,5	23,33 20,4	–	75,32 17,7	5,40 5,8	9,54 11,3	12,08 15,3	12,05 12,0	–	39,07 11,0
Всего 0–30	45,31 100	88,72 100	85,75 100	114,39 100	93,16 100	427,33 100	92,97 100	84,10 100	78,84 100	100,05 100	0,93 100	356,79 100
Контрольный (неосушенный) участок												
0–10	9,64 87,9	24,75 63,1	21,67 60,2	24,62 68,4	27,72 62,3	108,40 62,4	10,62 73,9	20,60 66,5	4,75 41,8	15,40 54,7	11,98 59,0	63,35 60,2
10–20	1,32 12,1	14,45 36,9	14,31 39,8	18,80 31,6	16,35 37,7	65,23 37,6	3,76 26,1	10,34 33,5	6,61 58,2	12,77 45,3	8,32 41,0	41,80 39,8
20–30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Всего 0–30	10,96 100	39,20 100	35,98 100	43,42 100	44,07 100	173,63 100	14,38 100	30,94 100	11,36 100	28,17 100	20,30 100	105,15 100

Примечание: в числителе – средние значения, г/м²; в знаменателе – в процентах общего количества содержащегося в слое 0–30 см.

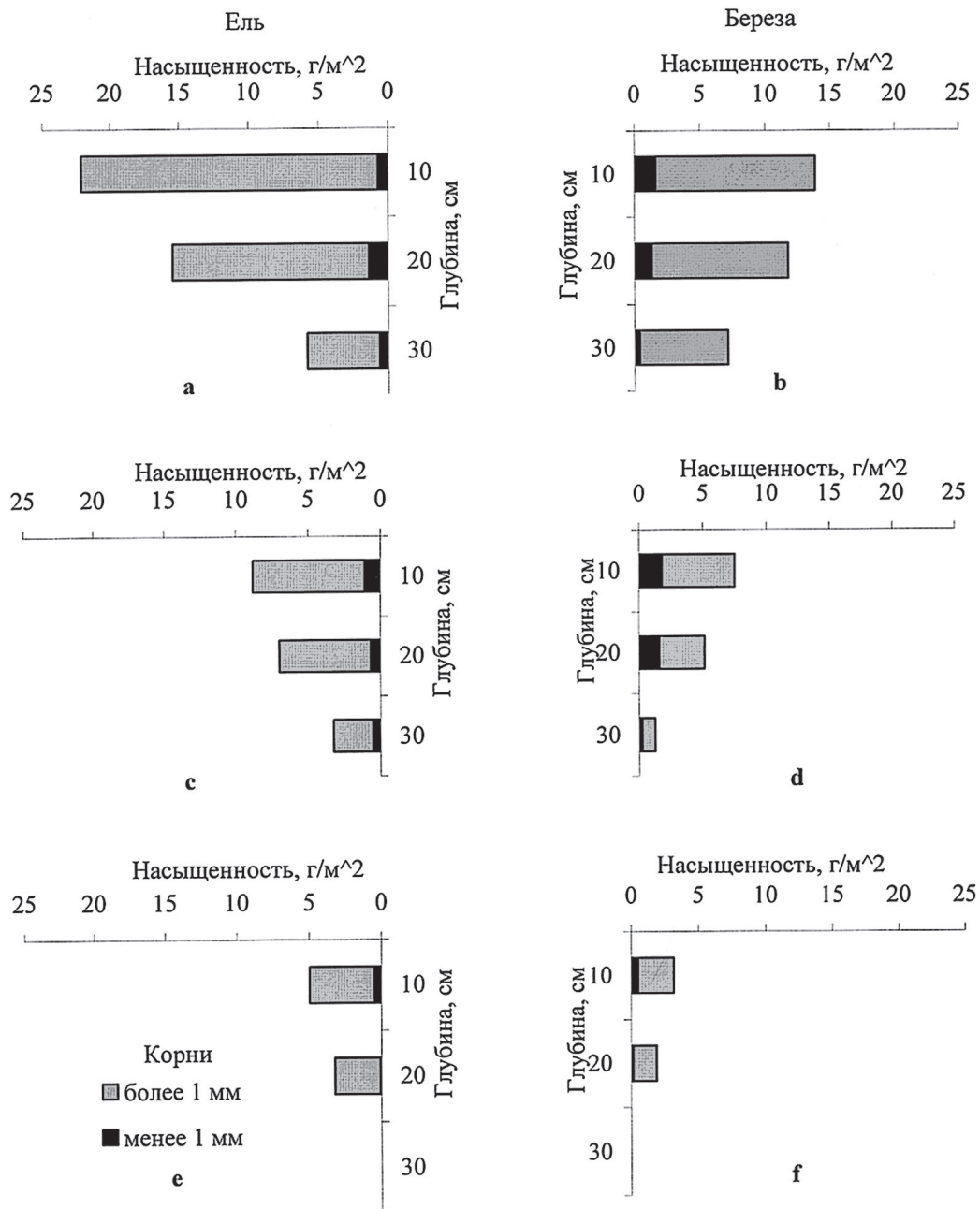


Рис. 2. Распределение корней ели и березы по почвенным горизонтам на осушенном низинном болоте в зависимости от степени осушения (a, b – вблизи канала; c, d – на середине межканальной полосы; e, f – контроль)

На середине межканальной полосы в слое 20–30 см располагается до 17,7 % корней ели и 11 % корней березы, однако при сравнении по абсолютным показателям заметно, что вблизи канала корненонасыщенность превышает в 1,7 раза для ели и 3,9 раза для березы. На контроле живые корни не были обнаружены в слое 20–30 см, что указывает на весьма неблагоприятные условия произрастания.

При сравнении обрастающей части корневой системы (корни толщиной до 1 мм)

и ее скелетной части (корни более 1 мм) выявлено, что с уменьшением степени осушения уменьшается количество тонких корней, а их максимум перемещается в верхний слой 0–10 см (рис.2).

При промывке монолитов были обнаружены корни трав, мертвые корни древесных пород, а также остатки древесных пород, определить принадлежность которых не удалось. Все они были выделены в отдельные фракции (табл. 3).

Распределение сопутствующих фракций в основных почвенных корнеобитаемых горизонтах осушенных низинных болот Среднего Урала

Глубина слоя	Мертвые корни				Корни трав				Остатки др. пород	
	ель		береза		живые		мертвые			
	г/м ²	%	г/м ²	%	г/м ²	%	г/м ²	%	г/м ²	%
Вблизи канала (5–10 м от канала)										
0–10	57,18	27,7	69,07	53,1	30,02	100	20,58	100	26,06	8,9
10–20	60,13	29,1	31,29	24,1	–	–	–	–	176,58	60,3
20–30	89,22	43,2	29,68	22,8	–	–	–	–	90,24	30,8
Всего	206,53	100	130,05	100	30,02	100	20,58	100	292,88	100
Середина межканальной полосы (75–80 м от канала)										
0–10	13,09	9,3	27,53	15,1	56,61	100	13,50	100	353,63	47,9
10–20	55,57	39,3	123,33	67,5	–	–	–	–	231,78	31,4
20–30	72,71	51,4	31,86	17,4	–	–	–	–	152,40	20,7
Всего	141,37	100	182,72	100	56,61	100	13,50	100	737,81	100
Контрольный (неосушенный) участок										
0–10	7,17	4,4	7,20	6,1	108,66	100	35,51	100	1144,74	55,7
10–20	95,25	58,1	110,64	93,9	–	–	–	–	650,52	31,6
20–30	61,40	37,5	–	–	–	–	–	–	260,34	12,7
Всего	163,82	100	117,84	100	108,66	100	35,51	100	2055,60	100

Как видно из табл. 3, с увеличением глубины количество мертвых корней древесных пород увеличивается независимо от степени осушения. Но при этом наблюдаются некоторые особенности. Так, количество мертвых корней древесных пород вблизи канала превышает таковое по сравнению с серединой межканальной полосы. На наш взгляд, это связано с тем, что вблизи канала происходят более активно процессы функционирования корневых систем.

Это подтверждает и анализ распределения остатков древесных пород. Их значения увеличиваются по мере уменьшения степени осушения. Так, вблизи канала в верхнем слое их содержится до 8,9 %, на середине межканальной полосы – 47,9 %, на контроле – 55,7 %. Присутствие мертвых корней ели в слое 20–30 см на контроле указывает на то, что в отдельные годы, при благоприятном гидрологическом режиме, корневые системы осваивают этот слой, но при ухудшении его они погибают.

Проведенные исследования доказывают, что осушение благоприятно влияет на развитие корневых систем основных лесобразующих пород, увеличивая глубину про-

никновения корней и объем их питания за счет освоения нижних слоев почвы.

Библиографический список

1. Вомперский, С.Э. Биологические основы эффективности лесосушения. / С.Э. Вомперский – М.: Наука, 1968. – 312 с.
2. Згуровская, Л.Н. Строение и рост корневых систем древесных растений на различных типах болот / Л.Н. Згуровская // Заболоченные леса и болота Сибири. – М.: Изд. АН СССР, 1963. – 219с.
3. Калинин, М.И. Формирование корневой системы деревьев / М.И. Калинин – М.: Лесная промышленность, 1983. – 152 с.
4. Колесников, Б.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области / Б.П. Колесников, Р.С. Зубарева, Е.П. Смолоногов // Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. – 176 с.
5. Колесников, В.А. Методы изучения корневой системы древесных растений / В.А. Колесников // Лесная пром-сть. – М., 1972. – 152 с.
6. Рахтеенко, И.Н. Рост и взаимодействие корневых систем древесных растений / И.Н. Рахтеенко – Минск, 1963. – 256 с.
7. Чиндяев, А.С. Насыщенность корнями подрост ели на осушаемом низинном болоте / А.С. Чиндяев, А.Н. Грозин // Леса Урала и хозяйство в них. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2003. – С. 276–284.
8. Чиндяев, А.С. Влияние осушения и лесохозяйственных мероприятий на лесоболотные биогеоценозы в условиях Среднего Урала / А.С. Чиндяев, М.А. Матвеева и др. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2004. – 152с.

САНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОПАРКОВ ЕКАТЕРИНБУРГА

Н.П. ШВАЛЕВА, *асп. каф. лесоводства УГЛТУ*,
С.В. ЗАЛЕСОВ, *проф. каф. лесоводства УГЛТУ, д-р с.-х. наук*

Лесопарки Екатеринбурга представляют собой в основном прекрасные боры, посещаемые горожанами и зимой и летом. На территории городских лесопарков расположены добротные спортивные сооружения, стадионы, тропы здоровья. При многообразии форм рекреации и многочисленности качественных воздействий леса на человека роль и значение лесопарков в организации отдыха населения возрастает с каждым годом. Рост городского населения ведет к возрастанию степени использования лесопарков в качестве мест массового отдыха. Рекреационная деятельность человека разносторонне воздействует на лесной биоценоз. Присутствие даже одного человека не проходит для него бесследно [2].

Лесопарки крупных промышленных центров испытывают высокие технические и рекреационные нагрузки, длительное воздействие которых приводит к снижению флористического богатства, что влечет за собой существенное смещение ярусов растительности, начиная с полога древостоя [5, 12, 15]. В экстремальных ситуациях из состава насаждений выпадают виды растений, чувствительные к ухудшению условий среды, затем разрушается древесный ярус и, в конечном счете, сохраняется лишь покров из кустарников и трав [4]. Иными словами, при непрерывном рекреационном использовании снижается производительность древостоя, а насаждение может превратиться в лесолуг, отличающийся от пастбищно-сенокосных угодий малой продуктивностью и высокой мозаичностью, вызванной неравномерным вытаптыванием [7–9].

Древостой – наиболее устойчивый компонент фитоценоза, и под воздействием рекреационных нагрузок он меняется, как правило, после изменения других компонентов насаждения. Основную роль в процессе деградации древостоя, очевидно, играют уплотнение почвы и ухудшение ее водно-физических свойств, а также механические повреждения деревьев [1].

Объектом наших исследований являлись насаждения Шарташского лесопарка и лесопарка им. лесоводов России в Екатеринбурге. Лесопарк им. Лесоводов России был заложен 23 июня 1966 г. на площади 976 га близ Паркового микрорайона (на восточной окраине Екатеринбурга, к югу от Сибирского тракта). Шарташский лесопарк расположен к северо-востоку от города и имеет площадь 777 га. Оба лесопарка являются местом активного отдыха горожан. Они находятся в зоне действия оживленных автотранспортных магистралей, железной дороги, нефтебазы и асфальтобетонного завода, которые создают высокий уровень загрязнения промышленными поллютантами. Эти факторы, а также несанкционированная хозяйственная деятельность – организация свалок, выпас скота, проезд автотранспорта, раскопка земель под огороды, сбор лекарственных, декоративных и пищевых растений при высокой рекреационной нагрузке привели к ухудшению санитарно-гигиенических и эстетических свойств насаждений, деградации подроста и живого напочвенного покрова.

Согласно схеме лесорастительного районирования Свердловской области [10], территория городского лесхоза, где расположены лесопарки, относится к Южно-таежному округу Зауральской холмисто-предгорной провинции Западно-Сибирской равнинной лесорастительной области.

В ходе исследований нами было заложено двенадцать постоянных пробных площадей (ППП) – пять в Шарташском лесопарке и семь в лесопарке им. Лесоводов России, на которых выполнено комплексное изучение насаждений, определены таксационные показатели древостоев и их санитарное состояние.

Основные таксационные показатели древостоев ППП представлены в табл. 1.

Материалы табл. 1 свидетельствуют, что ППП заложены в спелых и приспевающих древостоях и имеют различные стадии рекреационной дигрессии.

Основные таксационные показатели древостоев ППП

№ ППП	Состав	Тип леса	Элементы леса					Ярус			Класс бонитета	Площадь сбоя минерализованной поверхности, %/га	Стадии рекреационной дигрессии	
			Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Густота, шт./га.	Запас, м ³ /га	Высота, м	Полнота					Запас, м ³ /га
									Абсолютная, м ² /га	Относительная				
Шарташский лесопарк														
1	8,9С	С.ртр.	120	27,0	32	405	568	26,6	50,73	1,20	639	II	3,2	II
	1,1Б		120	23,0	36	73	71							
2	10С	С.яг.	110	22,4	28,0	543	367	22,4	37,92	1,30	367	III	13,2	III
3	10С	С.ртр.	110	22,7	24	543	429	22,7	39,38	1,10	429	III	9,4	II
4	10С	С.яг.	120	24,5	28,0	576	420	24,5	38,91	1,10	420	III	9,0	II
5	10С	С.яг.	120	24,5	28	572	392	24,5	35,51	0,98	392	III	10,2	III
Лесопарк им. Лесоводов России														
6	8,8С	С.яг.	140	29,0	40	206	361	25,5	40,24	1,10	406	III	3,1	II
	1,2Б		70	22,0	32	65	45							
7	10С	С.ртр.	120	28,0	36	192	392	28,1	31,17	0,84	395	II	2,5	II
	0,07Б			15,5	16	18	3							
8	9,8С	С.ртр.	120	26,2	28,0	353	345	26,0	29,00	0,79	353	II	8,5	II
	0,2Б		70	17,0	20,0	27	8							
9	9,5С	С.яг.	160	28,5	40	173	317	28,1	27,20	0,73	334	II	4,2	II
	0,5Б			21,0	28	31	17							
10	9,7С	С.ртр.	100	26,3	36	285	412	25,5	38,64	1,10	425	II	1,3	I
	0,3Б			15,0	16	83	13							
11	8С	С.ртр.	120	25,6	30	211	265	24,6	31,26	0,87	334	III	5,2	II
	0,4Б			15,0	16	93	14							
	1,6Ос			22,0	32	112	55							
12	10С	С.яг.	140	29,5	40,0	328	582	29,5	46,08	1,20	582	II	0,0	I

В ходе проведенных исследований были изучены различные методики и сопоставления существующих шкал рекреационной дигрессии [16, 17].

Распределение насаждений вполне в соответствии со шкалой установления стадий рекреационной дигрессии, разработанной Г.А. Поляковой (1979).

I стадия характеризуется почти полным отсутствием нарушения всех компонентов насаждения. Живой напочвенный покров состоит из типичных лесных видов растений, нет сорных, луговых и пионерных видов. Тропиночная сеть не выражена.

II стадия. Живой напочвенный покров изменяется незначительно. Площадь троп не превышает 10 %. В густых насаждениях или

под пологом кустарников тропиночная сеть лишена растительности, в более разреженных и осветленных лесах появляются луговые сорные виды.

III стадия. Площадь троп достигает 20–30 %. Площадь, занятая типичной лесной растительностью, составляет не менее 50–60 %.

IV стадия. Площадь сбоя (минерализованной поверхности) 50–60 %. В осветленных лесах олуговлено до 40–60 % площади.

V стадия. Полное отсутствие лесных видов, доминируют мятлик однолетний, подорожник большой или птичья гречиха. До 50 % площади лишено напочвенного покрова.

Насаждения ППП относятся к разнотравно-липняковой и ягодниковой группам типов леса [14].

Распределение запаса деревьев сосны по классам санитарного состояния

№ ППП	Распределение запаса сосны по классам санитарного состояния, м ³ /га/ %				Всего	Средневзвешенная категория санитарного состояния	Стадии рекреационной дигрессии
	I	II	III	IV+V			
Шарташский лесопарк							
1	309 54,4	182 32,0	44 7,8	33 5,8	568 100,0	1,69	I
Объем ср. дерева	1,472	1,348	0,983	2,200	1,402		
2	48 13,1	232 63,2	72 19,6	15 4,1	367 100,0	2,27	III
Объем ср. дерева	0,841	0,726	0,308	0,455	0,676		
3	212 49,4	184 42,9	20 4,7	13 3,0	429 100,0	1,78	II
Объем ср. дерева	0,865	0,814	0,644	0,325	0,79		
4	131 31,3	232 55,4	47 11,2	9 2,2	419 100,0	1,77	II
Объем ср. дерева	0,777	0,739	0,625	0,527	0,724		
5	246 62,8	114 29,1	28 7,1	4 1,0	392 100,0	1,58	II
Объем ср. дерева	0,748	0,6346	0,567	0,267	0,685		
Лесопарк им. Лесоводов России							
6	278 77,0	70 19,4	10 2,8	3 0,8	361 100,0	1,37	II
Объем ср. дерева	1,884	1,476	1,374	1,000	1,752		
7	294 75,0	46 11,7	34 8,7	18 4,6	392 100,0	1,42	II
Объем ср. дерева	2,037	1,970	2,329	2,000	2,041		
8	254 73,6	71 20,6	11 3,2	9 2,6	345 100,0	1,58	II
Объем ср. дерева	0,988	0,972	1,709	0,527	0,977		
9	88 27,9	180 57,0	45 14,2	3 1,0	316 100,0	1,96	II
Объем ср. дерева	1,927	2,010	1,274	0,500	1,827		
10	245 59,6	62 15,1	83 20,2	21 5,1	411 100,0	1,54	I
Объем ср. дерева	1,262	1,706	1,767	2,625	1,442		
11	232 87,6	18 6,8	9 3,4	6 2,3	265 100,0	1,88	III
Объем ср. дерева	1,860	0,655	0,343	0,188	1,256		
12	390 66,9	132 22,6	59 10,1	2 0,3	583 100,0	1,5	I
Объем ср. дерева	1,849	1,760	1,622	0,333	1,777		

Материалы табл. 1 свидетельствуют, что наибольшими показателями запаса характеризуются древостои, имеющие стадию рекреационной дигрессии I и II.

Степень рекреационной дигрессии определяет существенные различия по густоте и запасу древостоев даже в рамках одной группы типов леса. Так, в частности, запас древостоев сосняка разнотравного (С.ртр.) I стадии рекреационной дигрессии варьирует от 425 до 639 м³/га, в то время как в насаждениях аналогичного типа леса и возраста, ха-

рактеризующихся III стадией рекреационной дигрессии, он не превышает 370 м³/га.

Сосняк ягодниковый (С.яг.), в общем, характеризуется теми же тенденциями, что и сосняк разнотравный.

Средняя высота древостоя ППП варьирует от 22,1 до 29,5 м, средний диаметр от 24,0 до 40,0 см.

Изучая санитарное состояние древостоев, мы все деревья распределили по 6 категориям [3]. Кроме того, производилась оценка ослабленности древостоев по пока-

зателю средневзвешенной категории состояния. Насаждения согласно предлагаемой шкале классифицируются при средневзвешенной категории санитарного состояния $1 \div 1,5$ как здоровые, $1,6 \div 2,5$ – как ослабленные, $2,6 \div 3,5$ – сильно ослабленные, $3,6 \div 4,5$ – усыхающие и более $4,6$ – погибшие.

Вызванное рекреационными нагрузками уплотнение почвы и ухудшение воздухообмена в ней, а также повреждение корней и стволов деревьев приводит к ухудшению санитарного состояния деревьев и, как следствие этого, к изменению распределения запаса по классам (категориям) санитарного состояния (табл. 2) и ухудшению санитарного состояния древостоев в целом.

Материалы табл. 2 свидетельствуют о том, что средневзвешенная категория санитарного состояния древостоев ППП варьирует от 1,37 до 2,27.

Анализируя полученные данные можно отметить, что на ППП, имеющих I стадию рекреационной дигрессии, средневзвешенная категория санитарного состояния варьирует от 1,5 до 1,54, что соответствует категории «здоровые» (ППП 11 и 13).

Древостои же ППП, относящиеся ко II и III стадии рекреационной дигрессии, имеют средневзвешенную категорию санитарного состояния от 1,58 до 2,27, что соответствует категории «ослабленные».

Исключением являются ППП 6 и 7, где при II стадии рекреационной дигрессии средневзвешенная категория санитарного состояния составляет 1,34 и 1,42 соответственно. На этих ППП доля здоровых деревьев I класса санитарного состояния достигает 75 и 77 %.

Из шести ППП, заложенных в сосняке разнотравном, три имеют средневзвешенную категорию санитарного состояния от 1,42 до 1,58, что соответствует категории «здоровые». Запас на этих ППП варьирует от 345 до 411 м³/га. Сравнивая запас деревьев той или иной категории санитарного состояния на данных ППП, можно сделать следующий вывод, что в условиях сосняка разнотравного большая часть запаса приходится на деревья I категории санитарного состояния – 59,6 – 87,6 %. Запас деревьев IV и V категорий санитарного состояния варьирует от 2,3 до 5,1 %, что сви-

детельствует о незначительном превышении отпада на этих ППП по сравнению с показателями естественного отпада в неподверженных рекреационным нагрузкам насаждениях аналогичного возраста.

Интересные данные позволяют получить анализ распределения запаса деревьев разных категорий санитарного состояния. Так, в сосновых насаждениях ягодникового типа леса запас здоровых деревьев (I класс санитарного состояния) сокращается от 66,9 % в насаждениях I стадии (ППП 12) до 13,1 % в насаждениях III стадии рекреационной дигрессии (ППП 2).

Сравнение доли запаса здоровых деревьев показало, что при III стадии рекреационной дигрессии таковые составляют 13,1 и 87,6 % в условиях сосняка ягодникового и разнотравного соответственно. Это наглядно свидетельствует о повышенной устойчивости к рекреационным нагрузкам насаждений сосняка разнотравного по сравнению с насаждениями сосняка ягодникового.

Отпад деревьев на большинстве ППП происходит преимущественно за счет деревьев, отставших в росте. Однако объем среднего дерева IV и V категорий санитарного состояния (текущий отпад) на ППП 1 и 10 существенно превышает объем среднего дерева древостоя. Другими словами, отпад на данных пробных площадях идет за счет крупных деревьев. Поскольку обе эти ППП относятся к I стадии рекреационной дигрессии, специфика отпада объясняется не рекреационными нагрузками, а другими причинами, повышенной полнотой древостоя в частности.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Длительные рекреационные нагрузки вызывают снижение запаса сосновых древостоев. Так, последний в условиях сосняка разнотравного составляет 425–639 м³/га в насаждениях I стадии рекреационной дигрессии и 370 м³/га в насаждениях II стадии.

2. Доля запаса здоровых деревьев в общем запасе древостоя в условиях сосняка ягодникового снижается от 66,9 % в насаждениях I стадии до 13,1 % в насаждениях III стадии рекреационной дигрессии.

3. Средневзвешенная категория санитарного состояния может служить одним из

объективных показателей при установлении стадии рекреационной дигрессии.

4. В условиях лесопарков Екатеринбургa сосновые древостои разнотравного типа леса характеризуются повышенной рекреационной устойчивостью по сравнению с сосновыми насаждениями ягодникового типа леса.

Библиографический список

1. Александров, В.В. Лесоводственная эффективность рубок обновления и применение минеральных удобрений в рекреационных сосняках Среднего Урала в целях повышения их устойчивости: дисс. ... канд. с.-х. наук / В.В. Александров – Екатеринбург, 2002. – 22 с.
2. Рассамахин, В.И. Изменение лесной среды под воздействием рекреационного использования / В.И. Рассамахин // Лесхоз. информ. – 1977. – № 10. – 13 с.
3. Санитарные правила в лесах Российской Федерации. – М.: ВНИИЦЛесресурс, 1998. – 25 с.
4. Смит, У.Х. Лес и атмосфера / У.Х. Смит. – М.: Прогресс, 1985. – 430 с.
5. Таран, И.В. Рекреационные леса Западной Сибири / И.В. Таран – Новосибирск: Наука, 1985. – 230 с.
6. Чижова, В.П. Рекреационные нагрузки в зонах отдыха / В.П. Чижова. – М.: Лесная пром-сть, 1977. – 49 с.
7. Казанская, Н.С. Методика изучения рекреационных нагрузок на древесные насаждения лесопаркового пояса г. Москвы в связи с вопросами организации территории массового отдыха и туризма / Н.С. Казанская, В.В. Ланина. – М., 1975 – 100 с.
8. Казанская, Н.С. Рекреационные леса (состояние, охрана, использование) / Н.С. Казанская, В.В. Ланина, Н.Н. Марфенин – М.: Лесн. пром-ть, 1977. – 96 с.
9. Касимов, В.Д. Мониторинг лесов в условиях загрязнения природной среды / В.Д. Касимов, А.А. Мартынюк. – М.: ВНИИЦЛесресурс, 1990. – 32 с.
10. Колесников, Б.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области / Б.П. Колесников, Р.С. Зубарева, Е.П. Смолоногов. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. – 174 с.
11. Молчанов, А.А. Воздействие антропогенных факторов на лес / А.А. Молчанов. – М.: Наука, 1978. – 136 с.
12. Нефедова, В.Б. Рекреационное использование территорий и охрана лесов / В.Б. Нефедова, Е.Д. Смирнова, В.П. Чижова и др. – М.: Лесная пром-сть, 1980. – 184 с.
13. Полякова, Г.А. Деградация сосняков Подмосквья под влиянием рекреации / Г.А. Полякова // Лесоведение. – 1979. – С. 62–69.
14. Правила рубок главного пользования в лесах Урала. – М., 1994. – 33 с.
15. Пряхин, В.Д. Пригородные леса / В.Д. Пряхин и др. – М.: Лесная пром-сть, 1981. – 248 с.
16. Репшас, Э.А. Определение рекреационных нагрузок и стадии дигрессии леса / Э.А. Репшас // Лесное хозяйство. – 1978. – № 12. – С. 22 – 23.
17. Тарасов, А.И. Рекреационное лесопользование / А.И. Тарасов. – М., 1986.

БИОИНДИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В ЗОНЕ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Н.М. ШЕБАЛОВА, *ст. науч. сотр. УГЛТУ, канд. техн. наук*,
С.В. ЗАЛЕСОВ, *проф. УГЛТУ, д-р с.-х. наук*

Способность к защите от действия неблагоприятных факторов окружающей среды является обязательным свойством любого организма. Последний в зависимости от экстремальных условий среды обитания, включая и воздействие аэрополлютантов, дает на них ответ, проявляющийся в определенных специфических и неспецифических реакциях. Биологические системы стараются поддерживать функциональную устойчивость организма при изменении условий окружающей среды, т.е. приспособливают его к конкретным условиям среды существования. У индивидуума это достигается за счет физиологических механизмов, у популяций организмов – благодаря генетической изменчивости и наследственности.

Поскольку жизненно важные функции организма или сообщества организмов очень тесно коррелируют с определенными факторами среды, они могут быть использованы для оценки состояния лесных экосистем, т.е. могут служить биоиндикаторами. Биоиндикация может осуществляться на различных уровнях организации живого (макромолекула, клетка, орган, организм, популяция, биоценоз).

В качестве объектов исследования биоиндикационных показателей лесных почв сосновых насаждений, испытывающих длительное воздействие промышленных токсиантов, были выбраны лесные биогеоценозы, расположенные в зоне действия Полевского криолитового завода (ПКЗ) и Первоуральско-

Ревдинского промышленного узла (ПРПУ). Выбор для исследования лесных территорий в данных зонах был обоснован тем, что в зоне действия ПКЗ приоритетными являются фтористые соединения, наиболее токсичные для растений и с трудом поддающиеся детоксикации. А в районе ПРПУ специфика токсического эффекта промышленных выбросов заключается в комплексном воздействии тяжелых металлов и сернистого ангидрида. Почвенные условия исследуемых сосняков достаточно близки друг другу, в обоих районах преобладают серые лесные среднеподзоленные почвы, обеспечивающие условия для удовлетворительного развития как хвойных деревьев, так и мягколиственных. Характерной особенностью исследованных лесных почв является то, что лесная подстилка дифференцируется только на два горизонта. Это горизонт 01, представленный свежеепоавшей хвоей, листьями, злаками, и ферментативно-гумусовый горизонт (02–03), где происходят основные процессы разложения растительного опада и гумификации. Численность сапрофитов определяли на мясопептонном агаре (МПА), олигонитрофилов – на среде Эшби, учитывали количество микроорганизмов, потребляющих минеральные формы азота на крахмало-аммиачном агаре (КАА), микромицетов – на сусло-агаре (СА) [2]. Для количественного определения биомассы спор и мицелия использовали метод прямого микрокопирования [1].

Проведенные исследования показали, что органическое вещество опада исследуе-

мых лесных почв своеобразно и специфично. Опад от других субстратов растительного происхождения отличается не только наличием большого количества труднорастворимых соединений, но и присутствием значительного количества загрязняющих веществ, а именно фтор иона, который в силу своей окислительной способности инициирует образование перекисных соединений. Концентрация общего фтора в верхнем горизонте лесной подстилки зоны сильного загрязнения ПКЗ составляет 900–1000 мкг/г углерода. В ферментативном горизонте концентрация фторидов увеличивается и достигает 1800–2000 мкг/г. В гумусо-аккумулятивном горизонте она резко снижается и составляет 200–250 мкг/г. Уровень накопления фторидов в горизонтах лесной подстилки и почвы зоны среднего загрязнения ПКЗ составляет 400–450 мкг/г, в горизонте (02–03) – от 700 до 890 мкг/г. Количество сульфат-ионов в верхнем горизонте подстилки зоны сильного загрязнения ПРПУ – 320–337 мг-экв./кг, в ферментативном – 434–448 мг-экв./кг. Для зоны загрязнения ПКЗ уровень накопления данного поллютанта в 2–4,5 раз ниже, чем в тех же горизонтах зоны сильного загрязнения ПРПУ.

В наблюдаемых лесных почвах (таблица) произошел упорядоченный и направленный процесс изменения микробного сообщества, в результате которого численность микроорганизмов в сложившихся микробценозах обуславливается химической природой и концентрацией аккумулированных токсикантов.

Т а б л и ц а

Процентное соотношение микроорганизмов в горизонтах лесной подстилки и верхнем почвенном горизонте зоны сильного загрязнения ПКЗ

Время отбора проб, месяц	Горизонт	Бактерии на среде МПА, %	Бактерии на среде КАА, %	Бактерии на среде Эшби, %	Микромицеты, %
Май	01	54,5	4,0	40,6	0,9
	02-03	63,2	5,9	29,9	1,0
	A ₁	77,2	3,1	17,5	1,2
Июнь	01	57,4	4,5	37,1	1,0
	02-03	60,9	6,3	31,2	1,6
	A ₁	75,3	3,1	19,7	1,7
Июль	01	59,3	4,9	34,7	1,1
	02-03	61,1	6,8	30,4	1,7
	A ₁	73,8	3,4	20,9	1,9
Август	01	61,6	5,5	31,7	1,2
	02-03	63,6	6,9	27,8	1,7
	A ₁	73,7	3,4	20,9	2,0

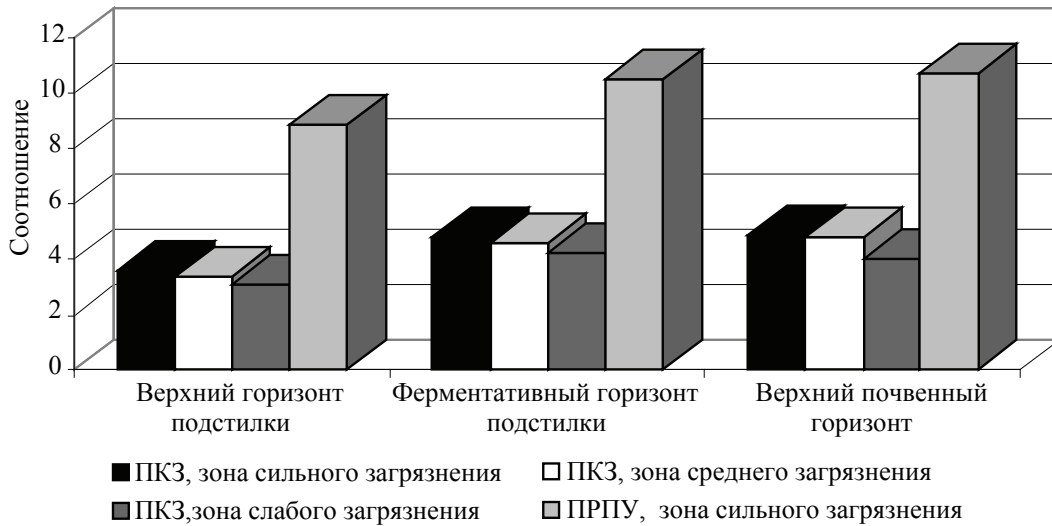


Рис. 1. Соотношение биомассы спор и мицелия в горизонтах лесной водстилки и почвы зон исследования

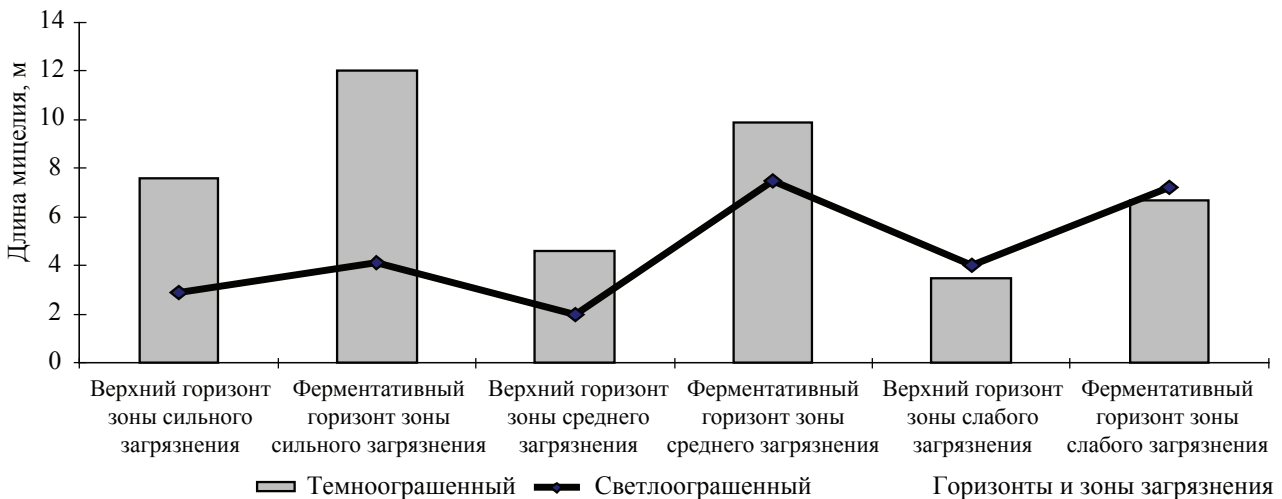


Рис. 2. Длина мицелия в горизонтах лесной подстилки зоны действия ПКЗ

Микробиологические исследования показали, что в течение всего вегетационного периода относительная доля бактериальной микрофлоры в сложившихся горизонтах лесной подстилки довольно высока и достигает 98,0–99,8 % от общего количества исследованных микроорганизмов в генетических горизонтах, независимо от места их расположения. Кроме того, сложившиеся экологические условия под воздействием промышленных поллютантов привели к созданию в каждом горизонте исследуемых лесных почв определенного соотношения между функциональными группами почвенной микрофлоры, зависящего как от количества накапливаемого в нем поллютанта, так и его химической природы. Численность микроскопических грибов, находящихся в активно вегетирующем состоянии, несмотря на

их достоинства: наличие мицелиальной структуры; значительная скорость роста и размножения; высокая активность метаболизма, проявляющаяся в широком интервале действия различных экологических факторов и большая генетическая и биохимическая изменчивость, – значительно ниже, чем бактерий, и составляет всего 0,2 до 2,0 %.

Основная масса микроскопических грибов находится в виде спор, запас которых может быть мобилизован только при изменении экологических условий среды их обитания. В зоне действия ПРПУ присутствие в аэротехногенных выбросах большого количества кислотных токсикантов оказывает наиболее отрицательное воздействие на почвенную биоту, способствуя увеличению интенсивности процессов спорообразования. Количество

аммонификаторов в исследуемых горизонтах зоны сильного загрязнения ПРПУ относительно аналогичной зоны загрязнения ПКЗ уменьшается – в верхнем горизонте лесной подстилки в 1,7–1,8 раза, в ферментативном – в 2,1–2,3 раза. Бактерий, участвующих в минерализации растительного опада, соответственно в 1,9–2,1 и 4,0–5,1 раза, олигонитрофилов – в 1,3–2,0 и 2,4–2,5 раза. Выживаемость микроорганизмов в создавшихся условиях во многом зависит от их способности приспосабливаться к необычным условиям среды обитания. К создавшимся для почвенной микрофлоры экстремальным условиям среды обитания смогли приспособиться далеко не все почвенные микроорганизмы. Изменение соотношения между микроорганизмами в сложившихся микробсообществах во всех исследуемых горизонтах, подверженных техногенному воздействию, способствует нарушению функциональных связей в экосистеме.

При определении относительного содержания спор в горизонтах лесной подстилки и почвы зоны действия ПКЗ выяснилось, что их количественные показатели по мере удаления пробных площадей от источника эмиссий изменяются незначительно. Так, в верхнем горизонте лесной подстилки зоны слабого загрязнения ПКЗ соотношение снизилось лишь до 3,0–3,1, а в нижележащем горизонте – до 3,6–4,0 против 3,6–3,9 и 4,4–4,6 в аналогичных горизонтах зоны сильного загрязнения. Очевидно, что это связано с кумулятивным характером повреждения токсикантами.

Почвенные грибы являются представителями разных родов и могут иметь различной пигментированный мицелий – светлоокрашенный, темноокрашенный, бесцветный. Проведенные исследования показали (рис. 2), что на протяжении всего периода наблюдения максимальное отношение длины пигментированного мицелия к длине светлого мицелия достигало в зоне сильного загрязнения ПКЗ – 3,3, минимальное 1,2; в зоне среднего загрязнения – 3,1 и 1,2; в зоне слабого загрязнения – 1,7 и 1,0. Наибольшее отношение длины темноокрашенных гифов к светлоокрашенным характерно для зоны сильного загрязнения ПРПУ – 9,7 до 14,0. То есть во всех

исследуемых горизонтах лесной подстилки и почвы разных зон загрязнения преобладают темноокрашенные гифы, обладающие определенными защитными свойствами и способные существовать в неблагоприятных условиях среды обитания. Наименее устойчивы беспигментные микромицеты. Очевидно, пигментация микромицетов является одним из приспособлений к неблагоприятной среде обитания, поэтому наличие пигментов может быть одним из биоиндикаторов состояния почв, определяющих рост и развитие грибов в экстремальных условиях

Биоморфологическая структура микромицетов (рис. 1) зависит в значительной степени от химической природы аккумулярованных токсикантов. В зоне действия фторсодержащих промвыбросов отношение биомассы спор к биомассе мицелия в верхнем горизонте лесной подстилки зоны сильного загрязнения колеблется в пределах от 3,3 до 3,9, ферментативного – от 4,4 до 5,2. В зоне сильного загрязнения ПРПУ происходит резкое увеличение данного соотношения, и уже в верхнем горизонте подстилки оно достигает 8,7–9,5, в ферментативном – 10,1–11,3, то есть в 2–3 раза больше, чем в аналогичных горизонтах зоны действия ПКЗ. Токсичность исследуемых горизонтов очень высока, о чем свидетельствует довольно низкая интенсивность протекания процесса взаимопревращения спор в мицелий.

На основании полученных данных можно предположить, что в качестве биоиндикаторов степени загрязнения и нарушения лесных почв при воздействии промышленных поллютантов могут быть использованы: 1) соотношения основных групп микроорганизмов, принимающих участие в процессах разложения и минерализации растительного опада; 2) соотношение спор и мицелия микроскопических грибов; 3) соотношение темноокрашенного и светлоокрашенного мицелия грибов; 4) видовой состав почвенной микрофлоры.

Библиографический список

1. Мирчинк, Т.Г. Почвенная микология / Т.Г. Мирчинк. – М.: МГУ, 1988. – 220 с.
2. Сэги, И. Методы почвенной микробиологии / И. Сэги. – М.: Наука, 1983. – 292 с.

ДИНАМИКА ПОЗДНЕЙ ЗОНЫ ДРЕВЕСИНЫ ХВОЙНЫХ ПОРОД ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ НЕСПЛОШНЫХ РУБОК

В.А. АЗАРЕНОК, *проф. каф. технол. и оборудования лесопром. пр-ва УГЛТУ, канд. с.-х. наук,*
Ю.Н. БЕЗГИНА, *доц. каф. технол. и оборудования лесопром. пр-ва УГЛТУ, канд. с.-х. наук,*
В.С. ЯРОЩУК, *асп. каф. технол. и оборудования лесопром. пр-ва УГЛТУ*

В 1978 г. были выполнены опытно-промышленные рубки в лесах I группы южной подзоны тайги Урала. Была подготовлена лесосека площадью около 30 га в лесах I группы, которая располагалась в 43 кв. Луговского лесничества Тугулымского лесхоза. Относительно большая площадь лесосеки дала возможность изучить и проанализировать влияние различных факторов на технико-экономические и лесоводственно-технологические показатели рубок.

При проведении первого приема постепенной рубки лесосека была разбита на шесть опытных участков. Участки различались по интенсивности изреживания (В – 34 %; В1 – 38 %, В2 – 33 %; С – 27 %). В составе древостоя преобладали хвойные породы с количеством от 5 до 8 единиц в общем составе. На участках с проведением несплошных рубок преобладала сосна, и только на участке С в составе было больше ели. Средняя высота данного насаждения – 25,1–26,2 м, средний диаметр 28,3–33 см. Класс бонитета – II. Относительная полнота древостоя составляла 0,76–0,96. Общее количество подроста на момент проведения рубки составляло 2,6–4,8 тыс. шт./га.

В 1984 г. был выполнен второй прием постепенных рубок. На участках В1 и В2 это был завершающий прием. На момент проведения второго приема рубки отмечалось снижение среднего диаметра древостоя (около 26 см), его высоты (24 м) и относительной полноты (0,24–0,37), что объясняется выборкой в первый прием наиболее зрелой части древостоя, а также тем, что в период между приемами рубки под влиянием негативных климатических факторов часть древостоя была подвержена снеголому (1982 г.). Анализ материалов исследований показал, что повреждаемость древостоя в результате снеголома достигала: в сосняке травянистом – 52 %, в ельнике зеленомошнике – 32,5–51 %, в сосняке ягодниковом – 63 % от запаса оставленного на доразвива-

ние древостоя. Состав подроста выражался формулой 6Е1С2Б1Ос, распределение его по площади носило куртинный характер.

Проведение несплошных рубок влияет не только на динамику величины радиального прироста деревьев, но и на изменение структуры годичного кольца, а именно доли поздней древесины. Чем выше степень развития поздней зоны годичного слоя, тем выше должна быть плотность древесины. По проценту поздней зоны можно ориентировочно судить о свойствах древесины в целом [1]. Для облегчения анализа результатов было проведено ранжирование деревьев по трем категориям [2, 3].

В данной работе рассмотрены результаты изучения изменения доли поздней древесины сосны и ели различных рангов на опытных участках Тугулымского лесхоза. После первого приема постепенной трехприемной (незавершенной) рубки в сосняке травянистом (табл. 1) доля поздней зоны древесины у деревьев сосны низших рангов возрастает на 17 %, деревья средних рангов повышают долю поздней зоны древесины на 27 %. Абсолютная величина этого показателя у деревьев сосны высших рангов на опытных участках снижается. В то же время деревья, расположенные на участках контроля, имеют более низкие значения данного показателя, то есть изреживание древостоя повлекло увеличение радиального прироста и доли поздней зоны древостоя.

Доля поздней зоны древесины у деревьев ели низших рангов снижается в среднем на 25 %. Это связано с тем, что деревья ели испытывают большое угнетение от высших и средних рангов, а также с резким изменением микроклиматических условий на лесосеке. У деревьев ели высших и средних рангов возрастает доля поздней зоны древесины. На контрольном участке ель низших рангов снижает долю поздней зоны древесины, а в средних и в высших рангах этот показатель повышается только на 8–16 % в среднем за 25 лет.

**Динамика прироста поздней зоны древесины в сосняке травянистом (уч. В)
равномерно-постепенной рубки**

Порода	Прирост поздней зоны древесины за 5 лет до рубки	Прирост по пятилетиям после рубки					Средний после рубки
		I	II	III	IV	V	
Первый прием							
Деревья низших рангов							
Контроль	<u>0,49</u>	<u>0,50</u>	<u>0,54</u>	<u>0,58</u>	<u>0,53</u>	<u>0,51</u>	<u>0,53</u>
Сосна	100	102,0	110,2	114,3	108,2	104,1	108,2
Сосна	<u>0,23</u>	<u>0,23</u>	<u>0,24</u>	<u>0,27</u>	<u>0,31</u>	<u>0,29</u>	<u>0,27</u>
	100	100	104,3	117,4	134,9	126,1	117,4
Контроль	<u>0,10</u>	<u>0,06</u>	<u>0,07</u>	<u>0,08</u>	<u>0,08</u>	<u>0,05</u>	<u>0,07</u>
Ель	100	60,0	70,0	80,0	80,0	50,0	70,0
Ель	<u>0,20</u>	<u>0,13</u>	<u>0,15</u>	<u>0,17</u>	<u>0,16</u>	<u>0,15</u>	<u>0,15</u>
	100	65,0	75,0	85,0	80,0	75,0	75,0
Деревья средних рангов							
Контроль	<u>0,75</u>	<u>0,89</u>	<u>0,85</u>	<u>0,87</u>	<u>0,85</u>	<u>0,80</u>	<u>0,85</u>
Сосна	100	118,7	113,3	116,0	113,3	106,7	113,3
Сосна	<u>0,64</u>	<u>0,71</u>	<u>0,57</u>	<u>0,98</u>	<u>0,93</u>	<u>0,86</u>	<u>0,81</u>
	100	110,9	89,1	153,1	145,3	134,4	126,6
Контроль	<u>0,54</u>	<u>0,58</u>	<u>0,60</u>	<u>0,62</u>	<u>0,61</u>	<u>0,58</u>	<u>0,60</u>
Ель	100	107,4	111,1	114,2	112,9	107,4	111,1
Ель	=	<u>0,18</u>	<u>0,86</u>	<u>0,76</u>	<u>0,59</u>	<u>0,78</u>	<u>0,63</u>
	-	-	-	-	-	-	-
Деревья высших рангов							
Контроль	<u>0,60</u>	<u>0,58</u>	<u>0,63</u>	<u>0,65</u>	<u>0,71</u>	<u>0,60</u>	<u>0,63</u>
Сосна	100	96,7	105,0	108,3	118,3	100	105,0
Сосна	<u>0,61</u>	<u>0,52</u>	<u>0,64</u>	<u>0,63</u>	<u>0,45</u>	<u>0,49</u>	<u>0,54</u>
	100	85,2	104,9	103,3	73,8	80,3	90,2
Контроль	<u>0,62</u>	<u>0,66</u>	<u>0,70</u>	<u>0,70</u>	<u>0,67</u>	<u>0,61</u>	<u>0,67</u>
Ель	100	106,5	112,9	112,9	108,1	98,4	108,1
Ель	<u>0,43</u>	<u>0,59</u>	<u>0,67</u>	<u>0,76</u>	<u>0,78</u>	<u>0,73</u>	<u>0,71</u>
	100	137,2	155,8	176,7	181,4	169,8	165,1
Второй прием							
Деревья низших рангов							
Контроль	<u>0,27</u>	<u>0,30</u>	<u>0,31</u>	<u>0,30</u>	<u>0,27</u>	=	<u>0,30</u>
Сосна	100	111,1	114,8	111,1	100	-	111,1
Сосна	<u>0,22</u>	<u>0,32</u>	<u>0,36</u>	<u>0,28</u>	<u>0,29</u>	=	<u>0,31</u>
	100	145,5	163,6	127,3	131,8	-	140,9
Контроль	<u>0,07</u>	<u>0,06</u>	<u>0,08</u>	<u>0,08</u>	<u>0,06</u>	=	<u>0,07</u>
Ель	100	85,7	114,3	114,3	85,7	-	100
Ель	<u>0,12</u>	<u>0,16</u>	<u>0,18</u>	<u>0,15</u>	<u>0,08</u>	=	<u>0,14</u>
	100	133,3	150,0	125,0	66,7	-	116,7
Деревья средних рангов							
Контроль	<u>0,88</u>	<u>0,98</u>	<u>0,93</u>	<u>0,88</u>	<u>0,86</u>	=	<u>0,91</u>
Сосна	100	111,4	105,7	100	97,7	-	103,4
Сосна	<u>0,81</u>	<u>0,68</u>	<u>1,09</u>	<u>0,82</u>	<u>0,89</u>	=	<u>0,87</u>
	100	84,0	134,6	101,2	109,9	-	107,4
Контроль	<u>0,49</u>	<u>0,52</u>	<u>0,56</u>	<u>0,54</u>	<u>0,52</u>	=	<u>0,54</u>
Ель	100	106,1	114,3	103,8	106,1	-	103,8
Ель	<u>0,41</u>	<u>0,46</u>	<u>0,51</u>	<u>0,53</u>	<u>0,52</u>	=	<u>0,51</u>
	100	112,2	124,4	129,3	126,8	-	124,4
Деревья высших рангов							
Контроль	<u>0,48</u>	<u>0,53</u>	<u>0,55</u>	<u>0,51</u>	<u>0,48</u>	=	<u>0,52</u>
Сосна	100	114,3	112,2	106,3	100	-	106,1
Сосна	<u>0,58</u>	<u>0,62</u>	<u>0,66</u>	<u>0,53</u>	<u>0,56</u>	=	<u>0,59</u>
	100	106,9	113,8	91,4	96,6	-	101,7
Контроль	<u>0,60</u>	<u>0,64</u>	<u>0,67</u>	<u>0,65</u>	<u>0,60</u>	=	<u>0,67</u>
Ель	100	106,7	111,6	108,3	100,0	-	106,7
Ель	<u>0,69</u>	<u>0,84</u>	<u>0,76</u>	<u>0,75</u>	<u>0,70</u>	=	<u>0,76</u>
	100	121,7	110,1	108,7	101,4	-	110,1

Примечание: в числителе – абсолютная величина поздней зоны древесины за 5 лет, а в знаменателе – относительная величина

Динамика прироста поздней зоны древесины в сосняке ягодниковом (уч. С) равномерно-постепенной рубки

Порода	Прирост поздней зоны древесины за 5 лет до рубки	Прирост по пятилетиям после рубки						Средний после рубки
		I	II	III	IV	V		
Первый прием								
Деревья низших рангов								
Контр. Ель	–	–	–	–	–	–	–	
Ель	$\frac{0,26}{100}$	$\frac{0,32}{123,1}$	$\frac{0,33}{126,9}$	$\frac{0,36}{142,3}$	$\frac{0,35}{134,6}$	$\frac{0,33}{126,9}$	$\frac{0,34}{130,8}$	
Деревья средних рангов								
Контроль	$\frac{1,03}{100}$	$\frac{1,02}{99,0}$	$\frac{1,02}{99,0}$	$\frac{0,96}{93,2}$	$\frac{0,85}{82,5}$	$\frac{0,83}{80,6}$	$\frac{0,94}{91,3}$	
Сосна	$\frac{0,99}{100}$	$\frac{0,84}{84,8}$	$\frac{1,09}{110,1}$	$\frac{1,06}{107,1}$	$\frac{0,72}{72,7}$	$\frac{0,85}{85,9}$	$\frac{0,91}{91,9}$	
Контр. Ель	–	–	–	–	–	–	–	
Ель	$\frac{0,45}{100}$	$\frac{0,47}{104,4}$	$\frac{0,49}{108,9}$	$\frac{0,49}{108,9}$	$\frac{0,47}{104,4}$	$\frac{0,46}{102,2}$	$\frac{0,48}{106,7}$	
Деревья высших рангов								
Контроль сосна	$\frac{0,65}{100}$	$\frac{0,72}{110,8}$	$\frac{0,69}{106,2}$	$\frac{0,64}{98,5}$	$\frac{0,57}{87,7}$	$\frac{0,52}{80,0}$	$\frac{0,63}{96,9}$	
Сосна	$\frac{0,51}{100}$	$\frac{0,41}{80,4}$	$\frac{0,49}{96,1}$	$\frac{0,48}{94,1}$	$\frac{0,56}{109,8}$	$\frac{0,67}{131,4}$	$\frac{0,52}{102,0}$	
Контр. Ель	–	–	–	–	–	–	–	
Ель	$\frac{0,66}{100}$	$\frac{0,77}{116,7}$	$\frac{0,74}{112,1}$	$\frac{0,71}{107,6}$	$\frac{0,65}{98,5}$	$\frac{0,62}{93,9}$	$\frac{0,69}{104,5}$	
Второй прием								
Деревья низших рангов								
Контр. Ель	–	–	–	–	–	–	–	
Ель	$\frac{0,32}{100}$	$\frac{0,36}{112,5}$	$\frac{0,49}{153,1}$	$\frac{0,42}{131,3}$	$\frac{0,47}{146,9}$	–	$\frac{0,44}{137,5}$	
Деревья средних рангов								
Контроль Сосна	$\frac{0,90}{100}$	$\frac{0,91}{101,1}$	$\frac{0,87}{96,7}$	$\frac{0,82}{91,1}$	$\frac{0,78}{86,7}$	–	$\frac{0,85}{94,4}$	
Сосна	$\frac{0,88}{100}$	$\frac{1,10}{125,0}$	$\frac{0,95}{108,0}$	$\frac{0,74}{84,1}$	$\frac{0,83}{94,3}$	–	$\frac{0,91}{103,4}$	
Контр. Ель	–	–	–	–	–	–	–	
Ель	$\frac{0,59}{100}$	$\frac{0,67}{113,6}$	$\frac{0,76}{128,8}$	$\frac{0,60}{101,7}$	$\frac{0,52}{88,1}$	–	$\frac{0,64}{108,5}$	
Деревья высших рангов								
Контроль сосна	$\frac{0,52}{100}$	$\frac{0,58}{111,5}$	$\frac{0,57}{109,6}$	$\frac{0,57}{109,6}$	$\frac{0,53}{101,9}$	–	$\frac{0,56}{107,7}$	
Сосна	$\frac{0,41}{100}$	$\frac{0,51}{124,4}$	$\frac{0,54}{131,7}$	$\frac{0,50}{122,0}$	$\frac{0,44}{107,3}$	–	$\frac{0,50}{122,0}$	
Контр. Ель	–	–	–	–	–	–	–	
Ель	$\frac{0,67}{100}$	$\frac{0,73}{107,4}$	$\frac{0,68}{101,5}$	$\frac{0,69}{103,0}$	$\frac{0,65}{97,0}$	–	$\frac{0,71}{106,0}$	

Примечание: в числителе – абсолютная величина поздней зоны древесины за 5 лет, а в знаменателе – относительная величина

После проведения второго приема постепенной трехприемной рубки (табл. 1) доля поздней зоны древесины сосны низших рангов за прошедшие 20 лет на опытных участках возрастает в среднем на 40 %, у де-

ревьев средних рангов этот показатель увеличивается на 7 %, а у высших рангов остается на прежнем уровне. На контрольных участках увеличение этого показателя колеблется в пределах 3–11 %.

Радиальный прирост в ельнике-зеленомошнике (уч. В1) на участках, пройденных первым приемом равномерно-постепенной рубки

Порода	Прирост поздней зоны древесины за 5 лет до рубки	Прирост по пятилетиям после рубки					Средний после рубки
		I	II	III	IV	V	
Первый прием							
Деревья низших рангов							
Контроль Ель	$\frac{0,54}{100}$	$\frac{0,48}{88,9}$	$\frac{0,52}{96,3}$	$\frac{0,50}{92,6}$	$\frac{0,48}{88,9}$	$\frac{0,42}{77,8}$	$\frac{0,48}{88,9}$
Ель	$\frac{0,44}{100}$	$\frac{0,29}{65,9}$	$\frac{0,36}{81,8}$	$\frac{0,43}{97,7}$	$\frac{0,57}{129,5}$	$\frac{0,45}{102,3}$	$\frac{0,42}{95,5}$
Деревья средних рангов							
Контроль Ель	$\frac{0,53}{100}$	$\frac{0,57}{107,5}$	$\frac{0,60}{113,2}$	$\frac{0,61}{115,0}$	$\frac{0,54}{101,9}$	$\frac{0,47}{88,7}$	$\frac{0,56}{105,7}$
Ель	$\frac{0,45}{100,0}$	$\frac{0,59}{131,1}$	$\frac{0,61}{135,6}$	$\frac{0,79}{175,6}$	$\frac{0,62}{137,8}$	$\frac{0,53}{117,8}$	$\frac{0,63}{140,0}$
Деревья высших рангов							
Контроль Ель	$\frac{0,43}{100}$	$\frac{0,37}{86,0}$	$\frac{0,40}{93,0}$	$\frac{0,41}{95,3}$	$\frac{0,39}{90,7}$	$\frac{0,35}{81,4}$	$\frac{0,38}{88,4}$
Ель	$\frac{0,24}{100}$	$\frac{0,33}{137,5}$	$\frac{0,38}{158,3}$	$\frac{0,42}{175,0}$	$\frac{0,39}{162,5}$	$\frac{0,44}{183,3}$	$\frac{0,39}{162,5}$
Второй прием							
Деревья низших рангов							
Контроль Ель	$\frac{0,39}{100}$	$\frac{0,41}{105,1}$	$\frac{0,43}{110,3}$	$\frac{0,42}{107,7}$	$\frac{0,40}{102,6}$	=	$\frac{0,42}{107,7}$
Ель	$\frac{0,28}{100}$	$\frac{0,38}{135,7}$	$\frac{0,39}{139,3}$	$\frac{0,41}{146,4}$	$\frac{0,43}{153,6}$	=	$\frac{0,40}{142,9}$
Деревья средних рангов							
Контроль Ель	$\frac{0,50}{100}$	$\frac{0,54}{108,0}$	$\frac{0,56}{112,0}$	$\frac{0,55}{110,0}$	$\frac{0,50}{100}$	=	$\frac{0,54}{108,0}$
Ель	$\frac{0,59}{100}$	$\frac{0,67}{113,6}$	$\frac{0,76}{128,8}$	$\frac{0,60}{101,7}$	$\frac{0,52}{88,1}$	=	$\frac{0,64}{108,5}$
Деревья высших рангов							
Контроль Ель	$\frac{0,54}{100}$	$\frac{0,60}{111,1}$	$\frac{0,62}{114,8}$	$\frac{0,61}{113,0}$	$\frac{0,57}{105,6}$	=	$\frac{0,60}{111,1}$
Ель	$\frac{0,51}{100}$	$\frac{0,78}{152,9}$	$\frac{0,75}{147,1}$	$\frac{0,70}{137,3}$	$\frac{0,66}{129,4}$	=	$\frac{0,72}{141,2}$

Примечание: в числителе – абсолютная величина поздней зоны древесины за 5 лет, а в знаменателе – относительная величина

Прирост поздней зоны древесины деревьев ели на всех рангах составил 17, 24 и 10 % соответственно. Это объясняется улучшением условий роста и увеличением радиального прироста после второго приема рубки. На контрольных участках средний относительный прирост поздней зоны древесины у деревьев средних и высших рангов составил 3–6 %, низшие ранги остались на прежнем уровне, а в последнее пятилетие значительно снизили этот показатель.

При проведении анализа таблиц была выявлена следующая тенденция. Деревья сосны низших и средних рангов после первого

и второго приемов рубки увеличивают долю поздней зоны древесины на протяжении всего периода. Деревья сосны высших рангов после первого приема постепенной рубки дают увеличение доли поздней зоны древесины на второе и третье пятилетие, а после второго приема этот показатель увеличивается только в первые два пятилетия.

Деревья ели низших рангов дают стабильное увеличение поздней зоны древесины после проведения двух приемов равномерно-постепенной рубки, так как находятся в угнетенном состоянии. Ель средних и высших рангов после первого приема дает прирост

доли поздней зоны древесины на протяжении всего изучаемого периода.

Таким образом, в разнотравном типе леса в южной подзоне тайги Урала трехприемные равномерно-постепенные рубки приводят к увеличению радиального прироста оставленных на доращивание деревьев, но и не снижают доли поздней зоны древесины хвойных парод, которая отвечает за прочностные качества древесины.

В сосняке ягодниковом при проведении натуральных обследований было выявлено, что на участках отчетных рубок после проведения двух приемов рубки под остатками материнского древостоя сформировался новый древостой. В его составе доминирует ель, что объясняется преобладанием елового подроста на момент начала трехприемных равномерно-постепенных рубок. Результаты изучения динамики прироста поздней зоны древесины ели в ягодниковом типе леса представлены в табл. 2.

Следует отметить, что наибольший прирост доли поздней зоны древесины отмечается у деревьев низших рангов. Средний относительный прирост за 25 лет достиг 30,8 %. У деревьев средних и высших рангов он колеблется в пределах 4–6 %. Анализируя динамику прироста, выявляем, что наибольший эффект от проведенной рубки отразился в первые три пятилетки после проведения первого приема. Именно в эти периоды отмечается значительное увеличение доли поздней зоны древесины.

На участке В1 в ельнике-зеленомошнике (табл. 3) анализ данных показал, что на

опытных участках доля поздней древесины у деревьев ели низших рангов после первого приема постепенной двухприемной рубки уменьшилась на 4,5 % по сравнению с аналогичным значением до рубки.

У деревьев ели средних рангов доля поздней древесины повышается после рубки на 40 %. В то же время на контроле у деревьев средних рангов происходит снижение этого показателя на 5,7 %. У деревьев высших рангов на контроле доля поздней древесины уменьшилась на 12 %, а на опытных участках возросла на 63 %. Это стало следствием улучшения условий роста деревьев после изреживания древостоя в первый прием рубки.

После второго приема рубки (табл. 3) доля поздней древесины у деревьев ели низших, средних и высших рангов увеличивается по сравнению со значениями до рубки (на 43 %, 9 % и 41 % соответственно).

Это объясняется улучшением условий роста и увеличением радиального прироста после второго приема рубки.

Библиографический список

1. Некрасова, А.А. Свойства древесины хвойных пород в зависимости от условий произрастания / А.А. Некрасова // Лесное хозяйство. – 1994. – № 2. – С. 22–24.
2. Поздняков, Л.К. Некоторые закономерности в изменении строения древостоев / Л.К. Поздняков // Сообщение ин-та леса АН СССР. – М., 1955. – Вып. 5. – С. 144–152.
3. Комин, Т.Е. Изменение рангов деревьев по диаметру в древостое / Т.Е. Комин // Лесообразовательные процессы на Урале. – Свердловск, 1972. – С. 252–262.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РАЙОНЕ АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

С.И. БУЛДАКОВ, УГЛТУ, Екатеринбург

Автозаправочная станция (АЗС) является стационарным источником загрязнения атмосферы парами бензина, дизельного топлива и их составляющими: бензолом, ксилолом, этилбензолом, предельными углеводородами, сероводородом, а также продуктами сгорания топлива автотранспорта: оксидом и двуокисью углерода, оксидами серы и азота, соединениями свинца, твердыми частицами (сажей, пылью).

Источниками выделения загрязняющих веществ являются резервуары с бензином, дизельным топливом, маслом, автозаправочные колонки и проливы при перекачке бензинов из автозаправочных цистерн, при заправке автотранспорта. Выброс паров топлива происходит из горловин баков, дыхательных клапанов, выхлопных труб автотранспорта.

АЗС, как правило, размещается вблизи автомобильных дорог. Их влияние на окружающую среду не столь существенно с выбросами на автомобильных дорогах, но концентрации загрязняющих веществ обладают эффектом суммации, поэтому совместный эффект воздействия от АЗС и автомобильной дороги на окружающую среду может быть значителен, однако комплексному исследованию моделирования процессов загрязнения окружающей среды от автомобильных дорог и АЗС в отечественной и зарубежной литературе посвящено незначительное количество работ.

На прилегающей территории вокруг АЗС как источника выбросов формируется, как правило, несколько зон техногенного воздействия на окружающую среду: загрязнение атмосферы, почв, подземных и поверхностных вод [1, 2]. Все эти факторы необходимо учитывать при проектировании новых АЗС и воздействии существующих. Так как АЗС располагается в придорожной полосе автомобильных дорог, необходимо оценивать экологическое воздействие в комплексе с учетом фонового загрязнения, создаваемого окружающими АЗС объектами и размещать их с учетом минимизации отрицательного воздействия на окружающую среду в зоне их распространения.

Для оптимизации поставленной задачи и составления целевой функции воспользуемся методом множителей Лагранжа. Данный метод является классической задачей математического программирования, когда допустимая область S^n определяется системой равенств [3, 4]

$$\sum_{i=1}^N h_i(\bar{Y}) = 0, \quad (1)$$

где $i = 1, 2, \dots, N, N < n$.

При этом $f(\bar{Y})$ и $h_i(\bar{Y})$ – выпуклые функции, имеющие непрерывные частные производные первого порядка. Допустимой областью решения задачи является пересечение поверхностей $h_i(Y) = 0$. Существует два варианта решения задачи в зависимости от условий. Если известна мощность источника выбросов, через которую можно выразить остальные мощности N объектов, то из каждого ограничивающего условия (1) можно исклю-

чить одну из независимых переменных, выразив ее через другие переменные. В этом случае учет каждого из условий (2) уменьшает число независимых переменных на единицу. Таким образом, уменьшается размерность задачи при переходе от n к $(n - N)$ переменным.

Далее определяются частные производные по оставшимся независимым переменным $(N + 1, \dots, n)$, которые приравняются к нулю

$$\frac{\partial \Psi}{\partial Y_{N+1}} = 0; \frac{\partial \Psi}{\partial Y_{N+2}} = 0; \dots \frac{\partial \Psi}{\partial Y_n} = 0. \quad (2)$$

Решая совместно систему уравнений (2), найдем стационарные точки экстремума \bar{Y} . Недостатком данного метода является громоздкость вычислений при нахождении частных производных и решении системы уравнений.

Решение данной задачи будем проводить методом составления функций Лагранжа. С этой целью для системы (1) введем N (по числу ограничений) дополнительных множителей: $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ и построим новую функцию Лагранжа, зависящую от $\bar{Y}, \bar{\lambda}$

$$\phi(\bar{Y}, \bar{\lambda}) = f(\bar{Y}) + \sum_{i=1}^N \lambda_i h_i(\bar{Y}), \quad (3)$$

где $\bar{\lambda}^T = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N)$ – вектор новых переменных.

Необходимым условием экстремума функции Лагранжа является равенство нулю частных производных по всем переменным $Y_1, \dots, Y_n, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$.

$$\frac{\partial \phi}{\partial Y_1} = \frac{\partial f(\bar{Y}, \bar{\lambda})}{\partial Y_1} + \lambda_1 \frac{\partial h_1(\bar{Y})}{\partial Y_1} + \dots + \lambda_N \frac{\partial h_N(\bar{Y})}{\partial Y_1} = 0$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial Y_n} = \frac{\partial f(\bar{Y}, \bar{\lambda})}{\partial Y_n} + \lambda_1 \frac{\partial h_1(\bar{Y})}{\partial Y_n} + \dots + \lambda_N \frac{\partial h_N(\bar{Y})}{\partial Y_n} = 0$$

$$\frac{\partial \phi(\bar{Y}, \bar{\lambda})}{\partial \lambda_1} = h_1(\bar{Y}) = 0$$

$$\frac{\partial \phi(\bar{Y}, \bar{\lambda})}{\partial \lambda_N} = h_N(\bar{Y}_N) = 0 \quad (4)$$

Число переменных увеличилось на столько, сколько введено ограничений в виде равенств. В результате дифференцирования имеем систему $(n + N)$ уравнений $(n + N)$ неизвестными.

Предположим, что решением системы (4) является стационарная точка Y^* и λ^* . Если при подстановке Y^* и λ^* в (3) получим $\phi(Y^*, \lambda^*) = f(Y^*)$, так как согласно (1)

$$\sum_{i=1}^N h_i(\bar{Y}^*) = 0; \quad (5)$$

тогда

$$\min \phi(\bar{Y}^*, \bar{\lambda}^*) = \min f(\bar{Y}^*). \quad (6)$$

Таким образом, в задаче оптимизации с ограничениями находятся оптимальные точки функции Лагранжа, определяемые из (3).

Для определения множителей Лагранжа найдем производные функции $\phi(Y, \lambda)$ по \bar{Y} в экстремальной точке Y^* . В результате получим

$$\frac{\partial \phi(\bar{Y}^*, \bar{\lambda}^*)}{\partial \bar{Y}} = \frac{\partial f(\bar{Y}^*)}{\partial \bar{Y}} + \sum_{i=1}^N \lambda_i \frac{\partial h_i(\bar{Y}^*)}{\partial \bar{Y}} = 0. \quad (7)$$

Зависимости (7) можно переписать в форме

$$\frac{\partial f(\bar{Y}^*)}{\partial \bar{Y}} = \nabla f(\bar{Y}^*) = - \sum_{i=1}^N \lambda_i \nabla h_i(\bar{Y}^*). \quad (8)$$

Геометрический смысл уравнений (8), записанных через оператор Гамильтона ∇ , следующий. Вектор – градиент целевой функции в точке экстремума лежит в плоскости, натянутой на векторы – градиенты ограничений. Другими словами, множители Лагранжа являются коэффициентами чувствительной точки Y^* оптимального решения относительно возмущения ограничения. При применении метода Лагранжа ограничения учитываются в новой функции $\phi(Y, \lambda)$, а решение задачи сводится к последовательности вспомогательных задач минимизации.

Применительно к экологической задаче оптимального размещения АЗС, решаемой с целью минимизации ее воздействия на размещенные поблизости объекты, определим функцию цели и составим систему ограничений для изменяемых параметров [3, 5].

Постановка задачи следующая. Пусть имеется N объектов, имеющих различный фон концентраций, а также различный поток массы G_i идентичных загрязняющих веществ, определяемый как произведение концентрации загрязняющих веществ и массового расхода загрязненного воздуха.

Поток массы загрязняющего вещества для каждого объекта определим в виде

$$G_1 = V_{\text{взд}} C_1, G_2 = V_{\text{взд}} C_2, \dots, V_{\text{взд}} C_n, \quad (9)$$

где $V_{\text{взд}}$ – условный расход загрязненного воздуха окружающей среды.

Для каждого объекта введем предельно допустимые выбросы, концентрация которых равна предельно допустимой $C_{\text{пдк}}$

$$G_{\text{пдв}} = V_{\text{взд}} C_{\text{пдк}}. \quad (10)$$

С учетом (9) и (10), получим

$$\frac{G_1}{G_{\text{пдв}}} = \tilde{G}_1 = \bar{C}_1, \dots, G_N = \tilde{G}_N = \bar{C}_N \quad (11)$$

$$\bar{C} = (\bar{C}_1, \bar{C}_2, \dots, \bar{C}_N)$$

Суммируя удельные расходы загрязняющих веществ, получим целевую функцию

$$\phi(C_i) = \tilde{G} = \sum_{i=1}^N \bar{C}_i \quad (12)$$

где $\bar{C}_i = C_i / C_{\text{пдк}}$ – доля ПДК для i -го загрязняющего вещества, которая определяется по формулам стандартной методики [6].

Введем ограничения на изменения параметров целевой функции. Согласно [5,6]

$$C_1 \leq C_{\text{пдк}}, C_2 \leq C_{\text{пдк}}, \dots, C_N \leq C_{\text{пдк}} \leq 1. \quad (13)$$

Суммируя левые и правые части, получим

$$\sum_{i=1}^N \bar{C}_i \leq N, \quad (14)$$

или

$$h(\bar{C}_i) = N - \sum_{i=1}^N \bar{C}_i = 0. \quad (15)$$

Сформулируем функцию Лагранжа, зависящую от C, λ

$$\phi(\bar{C}, \bar{\lambda}) = \sum_{i=1}^N \bar{C}_i + \sum_{i=1}^N \lambda_i \left[N - \sum_{i=1}^N \bar{C}_i \right] = 0, \quad (16)$$

Используя систему (4), дифференцируем (16) по \bar{C}_i , находим

$$\frac{\partial \phi(\bar{C}, \bar{\lambda})}{\partial \bar{C}_1} = 1 - \bar{\lambda}_1 = 0$$

$$\frac{\partial \phi(\bar{C}, \bar{\lambda})}{\partial \bar{C}_2} = 1 - \bar{\lambda}_2 = 0$$

$$\dots$$

$$\frac{\partial \phi(\bar{C}, \bar{\lambda})}{\partial \bar{C}_N} = 1 - \bar{\lambda}_N = 0$$

$$\frac{\partial \phi(\bar{C}, \bar{\lambda})}{\partial \lambda_1} = N - \sum_{i=1}^N \bar{C}_i = 0$$

$$\dots$$

$$\frac{\partial \phi(\bar{C}, \bar{\lambda})}{\partial \lambda_N} = N - \sum_{i=1}^N \bar{C}_i = 0 \quad (17)$$

Методом Лагранжа получена целевая функция экологической оптимизации размещения АЗС с учетом минимизации ее воздействия на окружающую среду. Полученная аналитическая зависимость позволяет проводить прогнозные оценки фоновых полей концентраций загрязняющих веществ от АЗС, автомобильной дороги и других промышленных объектов.

Библиографический список

1. Евгеньев, И.Е. Современные методы обеспечения экологической безопасности при проектировании автомобильных дорог / И.Е. Евгеньев. – М.: ОИ/информавтодор, 1996. – Вып. 3. – 76 с.
2. Пособие по оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС) при разработке технико-экономических обоснований (расчетов) инвестиций и

- проектов строительства народно-хозяйственных объектов и комплексов / Под общ. ред. Ю.Л. Максименко, И.Д. Горкиной. – М.: Глав. гос. экологич. экспертиза, 1992. – 80 с.
3. Булдаков, С.И. Экологическое воздействие автозаправочных станций на окружающую среду в процессе эксплуатации: Материалы конф. «Экологическая безопасность Урала» / С.И. Булдаков, В.В. Зайцев – Екатеринбург. – 2002.
4. Булдаков, С.И. Влияние автозаправочных станций / С.И. Булдаков, В.В. Зайцев // Науч. тр. Урал. гос. лесотех. ун-та. – Екатеринбург, 2002. – Вып. 2.
5. Зайцев, В.В. Автозаправочная станция как система массового обслуживания с ограничением времени пребывания в ней / В.В. Зайцев // Информ. сб. – М.: ГП Информавтодор, 2002. – № 4. – С. 36–40.
6. Рекомендации учета требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов. – М.: Транспорт, 1995. – 124 с.

О РАЦИОНАЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

С.И. БУЛДАКОВ, УГЛТУ

Оптимизация размещения АЗС на автомобильных дорогах является многокритериальной задачей исследования сложных систем в условиях неопределенности. При этом за критерий оптимальности необходимо принять получение максимального дохода от продажи горюче-смазочных материалов с учетом экологической ситуации, близости уже существующих АЗС и ограничения по взрыво- и пожаробезопасности.

При оптимизации размещения АЗС необходимо рассмотреть несколько задач. Сначала с учетом распространения выбросов находим с позиций экологии и взрыво- и пожаробезопасной ситуации допустимое количество автомобилей N , которое одновременно может находиться на территории автозаправочной станции. Далее определяем оптимальное количество бензоколонок n на каждой АЗС. При рассмотрении данной задачи совсем необязательно выполнение условия $n = N$, ибо из-за случайности процесса поступления автотранспортных средств на АЗС для заправки часть бензоколонок может долгое время простаивать. Рассмотренные задачи решаются с привлечением теории массового

обслуживания [1–3]. На основе данной теории решается и задача оценки оптимального запаса горюче-смазочных материалов исходя из случайности ежедневной потребности их с учетом сбоев в поставках с нефтебаз. И наконец, решается транспортная задача поставок горючего с баз на АЗС с таким расчетом, чтобы суммарные затраты на стоимость и перевозку горючего были бы минимальными. При этом также должна быть учтена надежность поставок: отсутствие сбоев и дублирование перевозок с разных баз.

Проектирование АЗС должно базироваться на знании интенсивности транспортного потока, проходящего через них, при этом необходимо выделить временные интервалы, когда интенсивность транспортного потока максимальна. В то же время изменения интенсивности могут носить случайный характер. Поэтому при проектировании АЗС можно применять теорию массового обслуживания.

Пусть на АЗС имеется n однотипных бензоколонок, а поток идущих на заправку автомобилей имеет интенсивность λ . Примем, что время обслуживания τ каждого авто-

мобилия на АЗС подчиняется экспоненциальному закону

$$P(\tau < t) = 1 - \exp(-\mu t). \quad (1)$$

Обозначим максимальное число мест в очереди m . Очевидно, что суммарное число автомобилей на площадке АЗС не должно превышать экологической и взрывобезопасной величины N

$$n + m \leq N. \quad (2)$$

Если на АЗС поступило $k (k \leq n)$ автомобилей, то все они обслуживаются, причем каждый отдельной бензоколонкой.

Если на АЗС находится $(n + r)$ автомобилей, причем $n < r$, то из них n обслуживаются, а r стоят в очереди и ждут начала обслуживания. Примем также, что время ожидания $t_{\text{ож}}$ подчиняется экспоненциальному закону распределения

$$P(t_{\text{ож}} < t) = 1 - \exp(-vt). \quad (3)$$

где v – интенсивность обслуживания мин^{-1} .

Заявка на обслуживание не принимается, если в очереди все m мест заняты. Кроме того, примем, что автомобиль может уехать из очереди незаправленным, если в ожидании он потерял время $t \geq t_{\text{ож}}$.

Обозначим через $S_0, S_1, S_2, \dots, S_k, \dots, S_{n+r}$ – состояние системы массового обслуживания:

- S_0 – в системе нет ни одного автомобиля на заправке, все бензоколонки свободны;
- S_k – на АЗС находится k автомобилей, и все они заправляются, $k = 1, 2, \dots, n$;
- S_{n+r} – на АЗС находится $n + r$ автомобилей, из них n автомобилей заправляются, а r ждут в очереди, $r = 1, 2, \dots, m$.

Обозначим также через $P_k(t)$, $k = 1, 2, \dots, n, n + 1, n + 2, \dots, n + m$, вероятность того, что система массового обслуживания АЗС в момент времени t находится в состоянии S_k . Переходы в системе массового обслуживания можно описать теорией графов [4]. Опуская их вывод [1], выпишем дифференциальные уравнения Колмогорова для определения вероятностей указанных состояний на АЗС

$$\begin{aligned} P'_0(t) &= -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t); \\ P'_k(t) &= \lambda P_{k-1}(t) - (\lambda + k\mu)P_k(t) + (k+1)\mu P_{k+1}(t); \\ & \quad 1 \leq k \leq n-1 \\ P'_k(t) &= \lambda P_{k-1}(t) - [\lambda + n\mu + (k-n)v]P_k(t) + \\ & \quad + (k+1)\mu P_{k+1}(t) + [n\mu + (k-n+1)v]P_{k+1}(t); \\ & \quad n \leq k \leq n+m-1; \end{aligned} \quad (4)$$

$$P'_{n+m}(t) = \lambda P_{n+m-1}(t) - (n\mu + mv)P_{n+m}(t).$$

Система линейных дифференциальных уравнений (4) должна решаться при начальных условиях

$$P_0(0) = 1, P_k(0) = 0 \text{ при } k = 1, 2, \dots, n+m. \quad (5)$$

Эта система уравнений описывает переходный процесс, который, как показывает практика расчетов, кратковременный, и система приходит в стационарное состояние, вероятность которого можно получить при $t \rightarrow \infty$ и предположив $P'_k(t) = 0$ при $k = 0, 1, \dots, n+m$.

Опуская промежуточные выкладки преобразований системы (4) с учетом (5), получим окончательные вероятности, характеризующие стационарные состояния системы массового обслуживания АЗС

$$\begin{aligned} P_k &= \frac{\alpha^k}{k!} P_0, 1 \leq k \leq n; \\ P_k &= \frac{\alpha^k}{n! \prod_{j=1}^{k-n} (n+j\beta)} P_0; n \leq k \leq n+m, \quad (6) \\ P_0 &= \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \sum_{k=n+1}^{n+m} \frac{\alpha^k}{n! \prod_{j=1}^{k-n} (n+j\beta)}}, \end{aligned}$$

где $\alpha = \lambda / \mu$, $\beta = v / \mu$.

Вероятности P_k , характерные для стационарного состояния обслуживания на АЗС, можно истолковать как среднее относительное время пребывания системы в этом состоянии.

Значение вероятности P_k позволяет вычислить: длину очереди

$$m^* = \sum_{k=n+1}^{n+m} (k-n)P_k; \quad (7)$$

среднее общее число автомобилей в системе

$$N^* = \sum_{k=1}^{n+m} kP_k; \quad (8)$$

среднее число свободных от обслуживания колонок

$$n^* = \sum_{k=0}^{n-1} (n-k)P_k; \quad (9)$$

и среднее число колонок, занятых обслуживанием

$$n - n^*; \quad (10)$$

вероятность отказа

$$P_{\text{отк}} = 1 - (n - n^*) / \alpha; \quad (11)$$

среднее время пребывания заявки в очереди

$$m_0 = m^*/\lambda. \quad (12)$$

Рассмотренные математические модели необходимо учитывать при проектировании АЗС, а также в процессе эксплуатации действующих АЗС для прогнозных оценок. Применение предлагаемого математического анализа, несомненно, благоприятно скажется на экологической ситуации вокруг действующих автозаправочных станций.

Библиографический список

1. Вентцель, Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1980. – 208 с.
2. Вентцель, Е.С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Наука, 1991. – 384 с.
3. Гнеденко, Б.В. Введение в теорию массового обслуживания / Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко. – М.: Наука, 1966. – 497 с.
4. Кристофидес, Н. Теория графов. Алгоритмический подход. – М.: Мир, 1978. – 432с.

ПОВЫШЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСНОГО СЕКТОРА НА ОСНОВЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ

Г.П. БУТКО, *проф. каф. менеджмента и ВЭД УГЛТУ, докт. экон. наук,*
Л.А. РАМЕНСКАЯ, *асс. каф. менеджмента и ВЭД УГЛТУ*

Россия, по международным оценкам, относится к странам с высокой степенью риска инвестиций. Для инвестиционного климата страны характерна статичность, а также низкая скорость формирования предпосылок его улучшения. Доля иностранных инвестиций в основной капитал российских предприятий за 2005 г., по данным Госкомстата РФ, в среднем по стране составила 6,5 %, что, несомненно, не соответствует инвестиционному потенциалу страны.

Одной из основных проблем развития лесопромышленного комплекса России, включающего лесозаготовительные предприятия, а также компании деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, является недостаток инвестиций в реальный сектор, 80 % основных фондов которого физически и морально устарели.

Для зарубежных инвесторов лесопромышленный комплекс России остается одним из наименее привлекательных сегментов отечественной промышленности. Менее 1,7 % иностранных инвестиций составляют вложения в предприятия лесного сектора экономики.

Отсутствие в ряде регионов организационно-экономических механизмов мобилизации собственных и привлечения внешних источников инвестиционных средств выдвигает на первый план задачу повышения инвестиционной привлекательности субъектов предпринимательской деятельности на региональном уровне и создания благоприятного инвестиционного климата в каждом регионе.

До начала широкомасштабных экономических реформ 90-х гг. ЛПК Уральского региона, реализовав потенциал предыдущей реформы, медленно внедрялся в стадию стагнации. Хотя Урал по-прежнему занимает одно из ведущих мест в народнохозяйственном комплексе страны, финансово-экономическое состояние в регионе является нестабильным.

В силу значительной дифференциации условий, оказывающих значительное влияние на формирование инвестиционного климата в субъектах РФ, некоторые регионы вследствие совокупности более благоприятных факторов выделили в группу лидеров по привлечению иностранного капитала, другие, из-за ряда причин, оказались в числе отставших. В качестве факторов выделяют как неизменяемые – географическое положение региона, наличие природных ресурсов, их количество и доступность, – так и изменяемые в долгосрочной перспективе – наличие в достаточном количестве квалифицированной рабочей силы, состояние технической инфраструктуры и ее доступность, наличие рынков сбыта, предпринимательская культура [3]. Кроме

того, к значимым факторам можно отнести экономическую политику властей региона.

Субъекты РФ, имеющие вышеперечисленные предпосылки, получают значительное преимущество перед остальными в сфере привлечения иностранного капитала. Соотношение объемов иностранных инвестиций на душу населения доходит до 250 : 1 между наиболее и наименее привлекательными регионами. Урал вследствие наличия неконкурентоспособных отраслей тяжелого машиностроения и отраслей, специализирующихся на выпуске оборонной продукции, остается регионом неактивным и отстающим в привлечении иностранного капитала.

Свыше 80 % продукции Уральского лесопромышленного комплекса производится в Пермской и Свердловской областях, а также в Ханты-Мансийском автономном округе. По данным Уральского союза лесопромышленников, в Свердловской области насчитывается значительное число предприятий лесного сектора, из них крупных и средних – около 55, остальные – малый бизнес. Не более десяти предприятий ЛПК работают с прибылью: в первую очередь, фанерный комбинат ЗАО «Фанком» (Верхняя Синячиха) и Лобвинский лесопромышленный комбинат. Остальные либо терпят убытки, либо нерентабельны.

Совместных предприятий с зарубежными компаниями в области всего два. В Красноуфимске голландским инвесторам принадлежат мебельный комбинат и леспромхоз, который обеспечивает его сырьем, а крупный пакет акций в ОАО «Юшалинский ДОК» (Тугулымский район) является собственностью итальянских инвесторов.

К основным препятствиям, сдерживающим активность иностранных инвесторов в регионе, относятся факторы, характерные для Российской экономики в целом: отсутствие прозрачности и стабильности законодательства, в том числе налогового; недостаточная развитость рынков услуг и недвижимости; отсутствие рынка земли; общий уровень преступности и коррупции в стране; низкое качество судебной системы; низкая производительность труда; непонимание российскими предприятиями ценности акционеров; низкий уровень менеджмента на предприятиях. Пе-

речисленные факторы затрудняют развитие бизнеса, а также создают основу для различных злоупотреблений со стороны местных административных органов.

Из отмеченного выше можно сделать вывод о том, что улучшение инвестиционного климата на макроуровне должно осуществляться путем преобразований, направленных на стабилизацию экономических и правовых условий, обеспечение защищенности частного капитала, улучшение деловой и институциональной среды. В отраслевом аспекте оправдано применение поощрительных мер для групп предприятий, в присутствии которых правительство заинтересовано в наибольшей степени.

Приоритетным направлением развития лесопромышленного комплекса является стимулирование глубокой переработки древесины на территории России, сокращение зависимости от импорта готовой продукции и уменьшение доли необработанной древесины в экспорте лесобумажной продукции. Изменение в структуре экспортной продукции будет оказывать прямое влияние на эффективность экспорта. В среднем валютная выручка на 1 м³ в пересчете на круглый лес составляет (в сопоставимых единицах): в России – 74, в Канаде – 116, в Финляндии – 211,2, в Швеции – 211,1. Превышение средней выручки в Канаде, Финляндии и Швеции по сравнению с Россией 1,5–3 раза соответствует превышению удельного веса экспорта продукции химико-механической и химической продукции переработки древесины.

Для реализации этого направления необходимо закрепление отраслевых приоритетов в государственном документе, имеющем статус закона, а также обеспечение последовательного снижения ставок вывозных таможенных пошлин на продукцию глубокой переработки древесины и поэтапное их увеличение на отдельные виды круглых лесоматериалов, отмена ставок на высокотехнологичное оборудование для переработки древесины, комплектующие и запасные части для машин, промышленное производство которых предполагается организовать в России.

Хотя региональный климат формируется в основном под воздействием процес-

сов, затрагивающих всю страну, в то же время большое значение имеет региональная составляющая, связанная не только с наличием в субъекте РФ благоприятных неизменяемых факторов, но и с эффективной политикой региональных органов государственной власти.

Для привлечения потока прямых иностранных инвестиций регионы могут использовать различные рычаги, такие как отсрочка уплаты налогов в региональные бюджеты, полное или частичное погашение процентной ставки по кредитам за счет регионального бюджета, предоставление инвесторам гарантий и поручительств региональных администраций по предоставленным им кредитам, гарантии неизменности региональных условий хозяйственной деятельности предпринимателей.

В качестве примера областных инвестиционных программ, направленных на поддержку реального сектора экономики, может быть рассмотрена схема развития и размещения производительных сил Свердловской области на период до 2015 г., разработанная правительством Свердловской области совместно с министерством экономики и труда Свердловской области в 2001 г.

В схеме реализованы два варианта развития области. Первый вариант основан главным образом на прогнозных показателях, разработанных непосредственно предприятиями. Он ориентирован на инерционное развитие в соответствии со складывающимися тенденциями в экономике России, при закреплении существующей промышленной специализации региона. Второй вариант предусматривает активизацию инвестиционной, инновационной и природоохранной деятельности не только предприятий, но и субъектов рыночной инфраструктуры, науки, внешних инвесторов, при ускоренном развитии сервисной экономики, превращении области в центр производства и потребления научно-исследовательских, инновационных, информационных, образовательных, финансовых, торговых, транспортных и других услуг.

На региональном уровне обозначенные выше отраслевые приоритеты получили следующее развитие в рамках данного документа. При реализации первого варианта развития области повышение конкурентос-

пособности продукции будет происходить за счет осуществления реконструкции и технического перевооружения различных объектов на ОАО «Анкомлес», ООО «Режевской леспромхоз», ОАО «Юшалинский ДОК» и др. Повышению доли конечной продукции в общем объеме производства комплекса будут способствовать проекты по организации мебельного производства (ОАО «Юшалинский ДОК»), реконструкции цеха обоев (АО Туринский ЦБЗ), производству товарной лиственной сульфатной целлюлозы (ОАО «Новолялинский ЦБК»).

Второй вариант развития области предполагает усиление государственного регулирования развития комплекса. В рамках этой стратегии на предприятиях отрасли приоритетное развитие должны получить технологии глубокой химико-механической и механической переработки древесины с максимальным вовлечением мелкотоварной, низкокачественной и мягколиственной древесины. Приоритетным направлением остается создание вертикально интегрированных структур, охватывающих полный технологический цикл – от лесозаготовок до реализации конечной продукции.

Значительное внимание уделяется внедрению научно-технических разработок. Основные мероприятия – реконструкция действующих предприятий с целью организации производства или увеличения объемов выпуска конкурентоспособной продукции: пиломатериалов экспортного назначения, плит средней плотности (МДФ), большеформатной и огнестойкой фанеры, клееного бруса из массивной древесины, паркета.

Мебельная промышленность ориентирована на модернизацию и техническое перевооружение действующих предприятий путем приобретения и установки импортного оборудования: сверлильных автоматов, заливающих машин высокого давления, раскройных станков, линий 4-цветной печати, линий по облицовке профильных кромок и их шлифовок.

В сфере целлюлозно-бумажной и лесохимической промышленности планируется внедрение технологии бесхлорной отбелики целлюлозы для бумаги, создание мощностей по производству товарной сульфатной беленой лиственной целлюлозы. Проекты позволяют по-

высить конкурентоспособность продукции Новолялинского ЦБК, Туринского ЦБЗ.

Закрепление отраслевых приоритетов в подобных региональных программах оказывает содействие привлечению внешних инвестиций. Таким образом достигается решение следующих задач: привлечение внимания российских и иностранных инвесторов к региону, демонстрация привлекательных для потенциальных инвесторов характеристик региона и представление его как перспективного партнера, обеспечение продвижения инвестиционных проектов предприятий региона на российский и внешний рынки инвестиционных проектов, оценка инвестиционного потенциала извне.

Увеличение масштабов иностранных инвестиций в основной капитал предприятий лесного сектора экономики представляется необходимым в связи с потребностью масштабной модернизации лесопромышленных предприятий и привлечения значительных инвестиций для технического перевооружения действующих и строительства новых современных производств. Объем капиталовложений, необходимый для реализации подобных проектов, существенно превышает те средства, которые предприятия отрасли могут аккумулировать за счет собственных и заемных средств. Исходя из сказанного выше большое значение приобретает инвестирование в инновационную деятельность предприятий. Создание с помощью иностранного капитала мощностей по производству дефицитной для данной страны продукции дает импульс развитию импортозамещающего сектора в экономике, что соответственно приведет к сокращению объемов импорта и продвижению продукции на мировой рынок.

Для поддержки конкурентоспособности страны необходимо усилить государственное регулирование инновационной деятельности производственных предприятий, что в меньшей степени отражено в работах, посвященных повышению инновационной активности. Проведенные по Уральскому региону исследования показали, что инновационная активность предприятий лесного сектора остается на низком уровне. Количество инновационноактивных предприятий увеличилось с 5,2 % в 1996 г. до 14,0 % в 2003 г. Наиболь-

ший удельный вес в общем числе инновационноактивных организаций составляют промышленные предприятия.

Для большинства инновационных предприятий наиболее важной является необходимость приобретения оборудования (5 % инновационных предприятий в 1999 г. и 12 % в 2003 г.). На этот вид деятельности расходуется основная часть затрат промышленных предприятий: от 36 % – в 1995 г. до 43 % – в 1999 г. и 49 % – в 2003 г. В то же время на приобретение новых технологий на протяжении всего исследуемого периода расходовалось незначительное количество средств. Занятость предприятий прочими видами инновационной деятельности невелика – от 7 % (приобретение прав на патенты и лицензии) до 13 % (приобретение новых технологий). Что касается маркетинговых исследований, то их удельный вес составляет 28 %, соответственно возросли и затраты на этот вид деятельности с 16 % в 1999 г. до 28 % в 2003 г.

Обобщающим показателем результатов служит доля объема инновационной продукции в общем объеме отгруженной продукции инновационноактивных предприятий. С учетом концепции технологизации инновационных процессов предлагается следующее определение: «Инновация – это процесс, направленный на повышение уровня жизни общества посредством государственного и рыночного регулирования, охватывающий исследования, разработку и внедрение хозяйствующими субъектами научно обоснованных идей».

Успех коммерческих структур, предприятий, регионов в экономическом развитии во многом зависит от рационального использования возможностей менеджмента. Процесс формирования рынка, товарно-денежного хозяйства, безусловно, должен находиться под контролем государства и регулироваться. Как без рынка нереально планомерное развитие экономики, так и рынок не будет эффективно функционировать без планового регулирования.

Развитие рыночного хозяйствования на российской ниве происходит с множеством трудностей. Внедрение же принципов менеджмента дает немалые импульсы в прогрессе рынка.

**Число предприятий ЛПК Уральского региона
по сферам инновационной деятельности в 2005 г.**

Регионы	Число предприятий по целям инновационной деятельности							
	Расшире- ние ассорти- мента про- дук- ции	Сохранение и расширение традиционных рынков сбыта	Создание новых рынков сбыта в России	Сокра- щение затрат на зара- ботную плату	Сокраще- ние мате- риаль- ных затрат	Сокраще- ние энер- гозатрат	Обеспечение соответ- ствия сов- ременным правилам и требованиям	Улуч- шение качества продук- ции
Удмуртская Рес- публика	10	12	18	26	20	20	18	10
Республика Баш- кортостан	14	17	3	12	8	7	18	13
Свердловская область	13	12	8	9	11	14	10	12
Пермская об- ласть	6	13	12	15	12	-5	13	10
Курганская область	5	3	11	7	9	-	13	12
Оренбургская область	9	10	6	9	12	12	12	9
Челябинская область	7	8	5	8	9	11	15	11

Последнее время практически все предприятия ЛПК находятся в состоянии непрерывных изменений в управлении. Спектр этих изменений чрезвычайно широк: от локальных внутриорганизационных преобразований (перераспределение функций и ответственности, внедрение новых методов и подходов к управлению и т.п.) до создания сложных корпоративных структур. Особенностью осуществления управленческих нововведений на российских предприятиях в переходный период является экономическая необоснованность выбора того или иного варианта преобразований. В некоторых случаях выбор конкретного варианта зависит от личной заинтересованности руководителя или собственника фирмы, что не всегда является экономически целесообразным для предприятия. В подобных случаях результативность управленческих нововведений не рассчитывается ни на стадии проектирования, ни на стадии внедрения, а также не отслеживается влияние осуществленных мероприятий на деятельность организации.

Исследования, проводимые авторами по предприятиям лесного сектора, отражены в табл. 1.

На тех предприятиях, где произошла смена собственника и руководства, причинами инноваций стали институциональные перемены – смена формы контроля. Однако имеющийся потенциал реализуется далеко не в полной мере. К сожалению, приходится констатировать следующие негативные тенденции:

- невысокую долю радикальных, экономически значимых нововведений;
- большую продолжительность освоения новшеств в производстве;
- небольшое число разработок, получивших широкое распространение на отечественном и зарубежном рынках лесопродукции.

Инновационное развитие с участием иностранного капитала позволит снизить себестоимость произведенной продукции, что позволит предприятиям отрасли обрести важное преимущество на мировом рынке – ценовую конкурентоспособность.

Функция себестоимости представляет собой аддитивную функцию затрат на материалы, топливно-энергетические ресурсы, оплату труда работников, социальную сферу и капитальных затрат на основные производственные фонды предприятия (1).

Распределение затрат на производство продукции из древесины в 2005 г.

Виды продукции	Распределение затрат, %						
	Сырье	Топливо и энергия	Материалы	Оплата труда	Социальная сфера	Амортизация	Прочие затраты
Пиломатериалы	33,1	11,3	5,4	17,9	6,6	6,3	19,4
Фанера	35,26	12,48	10,01	17,29	6,26	4,11	14,59
ДВП, ДСП	26,2	16,0	13,2	17,3	6,4	6,3	14,6
Мебель	24,9	9,0	22,9	16,7	6,0	3,8	16,7
Домостроение	24,1	17,7	9,2	19,6	7,2	6,6	15,6
Бумага	25,8	19,4	14,6	10,4	3,9	6,9	19,0

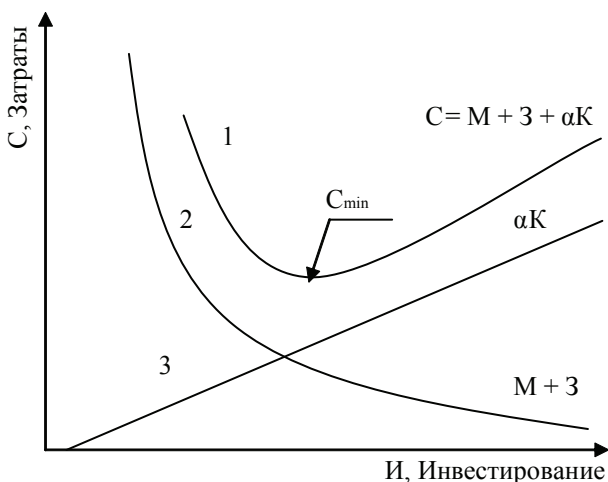


Рисунок. Зависимость затрат от инвестирования

$$C = M + 3 + \alpha K, \quad (1)$$

где 3 – затраты на оплату труда работников и социальную сферу,

M – затраты на материалы и топливно-энергетические ресурсы,

α – норма амортизации основных средств производства,

K – капитальные вложения в производственные фонды предприятия.

График зависимости себестоимости готовой продукции от объема инвестирования представлен на рисунке.

Из анализа зависимости функции себестоимости от объема инвестирования (кривая 1) следует, что с увеличением фондоемкости производства, насыщением производства новыми технологиями, новейшей техникой себестоимость будет снижаться до определенного момента, поскольку амортизационные затраты возрастают пропорционально капитальным вложениям в производство.

С увеличением объема инвестирования в производство уменьшаются текущие

затраты на зарплату и материальные ресурсы (кривая 2). Амортизационные затраты возрастают пропорционально капитальным вложениям (кривая 3).

В результате апробации метода на основе представленной зависимости получены следующие коэффициенты

$$C = 11,7 + 4,2 + 0,11K. \quad (2)$$

Анализ структуры затрат на производство основных видов продукции, вырабатываемой из древесины, показывает, что для всех направлений лесопромышленного производства самыми крупными статьями затрат являются расходы на древесное сырье и затраты на топливо и энергию. Суммарная величина этих затрат, по данным Государственного научного центра лесопромышленного комплекса (ГНЦ ЛПК), достигает 40–45 % (табл. 2). Снижение доли этих затрат существенно снижает себестоимость продукции и благотворно скажется на работе предприятий лесопромышленного комплекса. Из этого следует, что для повышения эффективности работы ЛПК приоритетными направлениями являются снижение затрат на производство древесного сырья, энергоресурсы, а также развитие деревообрабатывающих производств в местах заготовки древесины.

На основе выполненной работы можно констатировать, что основная задача инвестиционной политики региона заключается в создании условий для эффективных вложений в его экономику на принципах: доброжелательности во взаимоотношениях с иностранными инвесторами, сбалансированности общих и частных интересов, информационной открытости для всех инвесторов, прозрачности и простоты инвестиционного процесса. Осо-

бую значимость представляет равноправие инвесторов, объективность и соблюдение здравого экономического смысла в принимаемых решениях, неизменность принимаемых решений и своевременное и четкое выполнение своих обязательств, поддержка и стимулирование инвесторов.

Региональная инвестиционная политика определяется внешними (политическая ситуация в стране, общеэкономическая ситуация, состояние финансового рынка, надежность контрагентов) и внутренними (выбранная инвестиционная стратегия, обеспеченность инвестиционными ресурсами, квалификация кадров, существующая система управления) факторами, обуславливающими решение комплекса задач по стабилизации политической ситуации в регионе, снижению инфляции, повышению привлекательности корпоративных инвестиций. Причем в каждом конкретном регионе эта политика должна учитывать его конкурентоспособность, то есть роль в экономическом пространстве России, способность обеспечить достойный уровень жизни населения и реализовать имеющийся в регионе экономический потенциал.

В качестве методов, повышающих конкурентоспособность региона на финансовом рынке и, как следствие, инвестиционную привлекательность, можно рассматривать создание

системы консолидации и локализации финансовых ресурсов, например на основе создания региональных инвестиционных структур на базе отдельных муниципальных образований.

Данные структуры могли бы сконцентрировать существующие активы и финансовый капитал, направить их на развитие Уральского региона в рамках комплексных инвестиционных проектов. В основе этого метода лежит идея о необходимости реформирования существующей системы хозяйственного управления. Формирование региональных инвестиционных структур создаст условия, когда средства будут сохраняться в рамках региона и вкладываться в развитие данного территориального образования.

Библиографический список

1. Бутко, Г.П. Стратегия управления конкурентоспособностью предприятий лесного комплекса региона / Г.П. Бутко. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2002.
2. Кожухов, Н.И. Оценка инвестиционной привлекательности предприятий лесного сектора / Н.И. Кожухов, П.И. Шагин. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006.
3. Раевский, С.В. Инвестиционная активность в регионе / С.В. Раевский, А.Г. Третьяков. – М.: Экономика, 2006.
4. Скрипкин, К.Г. Экономическая эффективность информационных систем / К.Г. Скрипкин. – М.: ДМК Пресс, 2002.
5. Kaplan R.S., Norton D.P. The Balanced Scorecard Translating Strategy Action. – Cambridge Mass. -1996.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВАЛКИ ДЕРЕВЬЕВ БЕНЗИНОМОТОРНОЙ ПИЛОЙ ПРИ НЕСПЛОШНЫХ РУБКАХ

Э.Ф. ГЕРЦ, *проф. каф. технол. и оборудования лесопром. произ-ва УГЛТУ, д-р техн. наук,*
В.В. ИВАНОВ, *вед. инж. каф. технол. и оборудования лесопром. произ-ва УГЛТУ*

Несплошные рубки главного и промежуточного пользования – одно из наиболее трудоемких и сложных лесохозяйственных мероприятий, которое сопровождается удалением части деревьев из древостоя. Несовершенство существующих технологий лесозаготовок и лесозаготовительной техники приводит к вынужденным технологическим потерям и наносит экологический ущерб лесам, снижая их функции. По данным ЦНИИМЭ [1] установлено, что при валке одного клейменого (отведенного в рубку) дерева повреждается до

трех рядом стоящих мешающих деревьев. В результате на лесосеках повреждается до 56 % заготавливаемой древесины и остающихся на корню деревьев и подроста. Лесоводственным требованиям в этих условиях может отвечать только направленная валка деревьев.

Общее направление валки устанавливается технологической картой в зависимости, главным образом, от способа и направления трелевки, которое, в свою очередь, зависит от расположения лесопогрузочных пунктов. Направленная валка деревьев имеет боль-

шое значение для обеспечения безопасности рабочих и сохранения оставляемых на доращивание деревьев и подроста. Поэтому направление валки каждого конкретного дерева определяется просветом между оставляемыми на доращивание деревьями, с учетом общего направления валки. Существующая практика спиливания и повала дерева ручными механизированными инструментами предусматривает выполнение трех операций: подпил, пере-резание ствола и направленный повал дерева за счет оставшейся перемычки и приложения опрокидывающей силы [2, 3]. Размеры и рас-положение перемычки, место приложения и величина опрокидывающего усилия зависят от субъективных действий рабочего, основанных на оценке факторов (наклон дерева, ветровая нагрузка, форма кроны), составляющих отклоняющую силу. Однако сложность визуальной оценки факторов, определяющих величину и направление отклоняющей силы от заданно-го направления валки, и низкая квалификация вальщика зачастую приводят к значительному отклонению дерева, что приводит к поврежде-нию оставляемых на доращивание деревьев и подроста.

Наши исследования проведены на тер-ритории Паркового (Уральский учебно-опыт-ный лесхоз УГЛТУ), Талицкого, Троицкого и Луговского (ФГУ Талицкий лесхоз) лесни-честв Свердловской области.

Цель исследования – анализ влияния природно-производственных факторов на точ-ность валки деревьев и разработка технологии несплошных рубок главного и промежуточно-го пользования с минимальным повреждением элементов формируемого насаждения.

Многообразие природно-производ-ственных факторов, влияющих на точность вал-ки, оценивалось углом отклонения дерева от заданного направления валки при его падении.

Валка деревьев осуществлялась при помощи бензопилы МП-5 «Урал-2» с гид-роклином КГМ-1А. В качестве измеряемых параметров были выбраны: диаметр дерева в месте срезания, см; высота дерева, м; услов-ный диаметр кроны по среднему сечению, м; глубина подпила, м; ширина перемычки, м; угол отклонения дерева от горизонтали, град; скорость ветра, м/с.

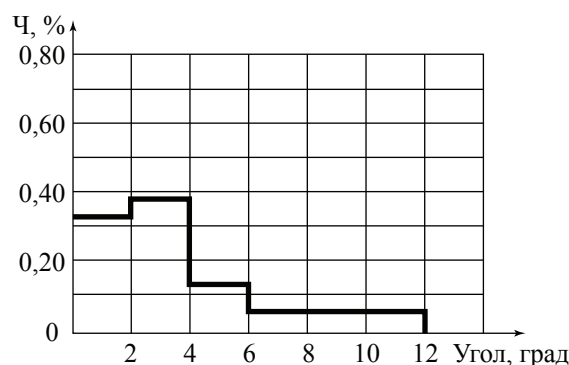


Рис. 1. Частота отклонений дерева от заданного на-правления при его механизированной валке.

Распределение отклонения падения дерева от заданного направления валки мож-ет быть представлено стандартной записью нормального закона распределения

$$f(\beta) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\beta-a)^2}{2\sigma^2}},$$

где σ – среднеквадратическое отклонение случайной величины;

a – математическое ожидание угла откло-нения повала дерева.

Гистограмма распределения частоты отклонений от заданного направления валки приведена на рис. 1.

При величине математического ожи-дания угла отклонения валки дерева, равного заданному, то есть $a = 0$, плотность распе-деления случайной величины (отклонения от заданного направления валки дерева) запи-шется в виде формулы Гаусса

$$f(\beta) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\beta^2}{2\sigma^2}}.$$

Величина среднеквадратического от-клонения угла падения дерева от заданного (σ) отражает возможность точной валки де-рева в зависимости от применяемого оборуд-ования, квалификации рабочего вальщика, а также таксационных характеристик и осо-бенности строения деревьев и насаждения в целом. То есть вероятность повреждения де-ревьев, оставляемых на доращивание, опре-деляется характеристиками предмета труда, используемым средством и исполнителем. Это обстоятельство подтверждает правомер-ность применения закона нормального рас-пределения отклонения угла падения дерева, на суммарную величину которого оказывают

влияние все перечисленные факторы. Доверительная оценка или интервал, который с доверительной вероятностью α или с заданной надежностью накрывает β , составит

$$\left(\tilde{\beta} - t_{\alpha} \frac{\tilde{\sigma}}{\sqrt{n}}; \tilde{\beta} + t_{\alpha} \frac{\tilde{\sigma}}{\sqrt{n}} \right),$$

где $\tilde{\sigma}$ – среднее квадратическое отклонение угла падения дерева от заданного направления,

$$\tilde{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\beta_i - \tilde{\beta})^2}$$

t_{α} – коэффициент Стьюдента;

n – число опытов;

$\tilde{\beta}$ – математическое ожидание угла отклонения от заданного направления валки дерева,

$$\tilde{\beta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \beta_i.$$

Здесь β_i – значение отклонения угла падения дерева от заданного направления полученное в i опыте.

Для вальщика математическое ожидание отклонения дерева от заданного направления составило $4,7^{\circ}$, а среднее квадратическое отклонение – $2,4^{\circ}$. Доверительный интервал сектора валки дерева с 90 % доверительной вероятностью составляет для выборки $\pm 5,1^{\circ}$.

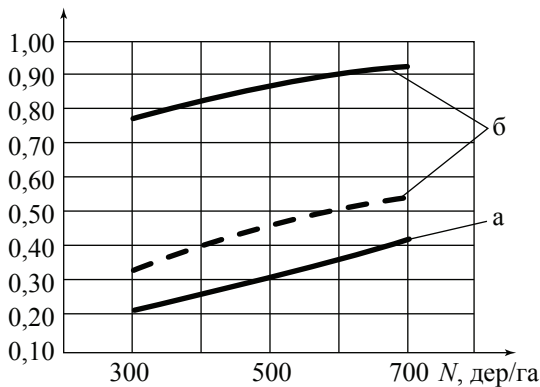


Рис. 2. Вероятность соударения деревьев при отклонении от заданного направления валки: а – с учетом соударения стволами при отклонении на 3° и более от заданного направления; б – с учетом 10 % соударения кронами при отклонении на $3-12^{\circ}$

Увеличение вероятности соударения P при этом определится по формуле

$$P_c = 1 - e^{-\frac{h^2 \text{tg} \beta}{S_d}},$$

где h – высота дерева, м;

b_d – просвет, необходимый для беспрепятственного повала дерева, м;

S_d – густота древостоя, $\text{м}^2/\text{дер}$.

Результаты расчетов зависимости вероятности соударения деревьев от густоты формируемого древостоя с учетом отклонения от выбранного направления валки представлены на рис. 2.

Полученная в результате математической обработки экспериментальных данных зависимость угла отклонения дерева от заданного направления валки при его падении в нормализованных обозначениях факторов имеет вид

$$y = 5,149 - 0,489X_1 + 0,644X_2 - 0,768X_4 + 0,021X_5 + 0,232X_6 - 1,456X_4^2 + 0,87X_6^2 + 0,13X_7^2 + 0,655X_2X_6 - 1,232X_3X_4 - 0,514 \times X_3X_5 - 0,025X_3X_7 + 0,363X_4X_5 - 0,014X_4 \times X_6 - 0,352X_4X_7 - 0,477X_5X_7 - 0,06X_6X_7,$$

где y – функция отклика угла отклонения дерева при падении от заданного направления валки, град;

X_1 – диаметр дерева в месте срезания, см;

X_2 – высота дерева, м;

X_3 – условный диаметр кроны по среднему сечению, м;

X_4 – глубина подпила, м;

X_5 – ширина перемычки, м;

X_6 – угол отклонения дерева от горизонтали, град,

X_7 – скорость ветра, м/с.

На рис. 3. показаны графики отклонения от заданного направления валки дерева от факторов, определяющих ее точность, полученные при помощи статистической программы SPSS 12.0.

Выполненные экспериментальные исследования точности валки позволили выявить основные факторы, влияющие на точность валки, и предложить технологию, позволяющую минимизировать повреждение компонентов формируемого насаждения (положительное решение № 2005.100320 от 14.01.2005). Поставленная задача достигается тем, что изреживание полупасек осуществляется разрубкой коридоров под углом к волоку, причем необходимая степень изреживания достигается за счет изменения расстояния между коридорами разрубаемых со смежных волоков, при этом коридоры пересекаются,

формируя насаждение мозаичной структуры, ячейки которой ограничены разрубленными коридорами (рис. 4). При такой технологии риск повреждения деревьев, оставляемых на доразщивание при перемещении деревьев или хлыстов на волок к месту формирования пачки для трелевки, минимален. Оставление отбойного дерева в точке примыкания коридора к пасечному волоку практически исключит повреждение деревьев, оставляемых на доразщивание и подрост.

Способ осуществляется в зависимости от системы машин, используемых для проведения рубок, следующим образом. Перед проведением рубки в насаждении делянка делится на пасеки шириной B (рис. 4.), которая при валке деревьев бензиномоторной пилой

и трелевке деревьев или хлыстов трактором с чокерным оборудованием или другой лебедочной трелевочной системой, определяется как сумма высоты ствола дерева и расстояния выноса каната с учетом длины и усилия, необходимого для выноса каната и угла примыкания коридора к волоку

$$B = b + 2(l + h_d)\sin\alpha,$$

где b – ширина волока, м;

l – расстояние выноса каната, м;

h_d – высота дерева, м;

α – угол примыкания коридора к волоку, град.

Величина угла примыкания коридора к волоку, с учетом условия минимального повреждения деревьев, оставляемых на доразщивание, составляет не более 30–35°.

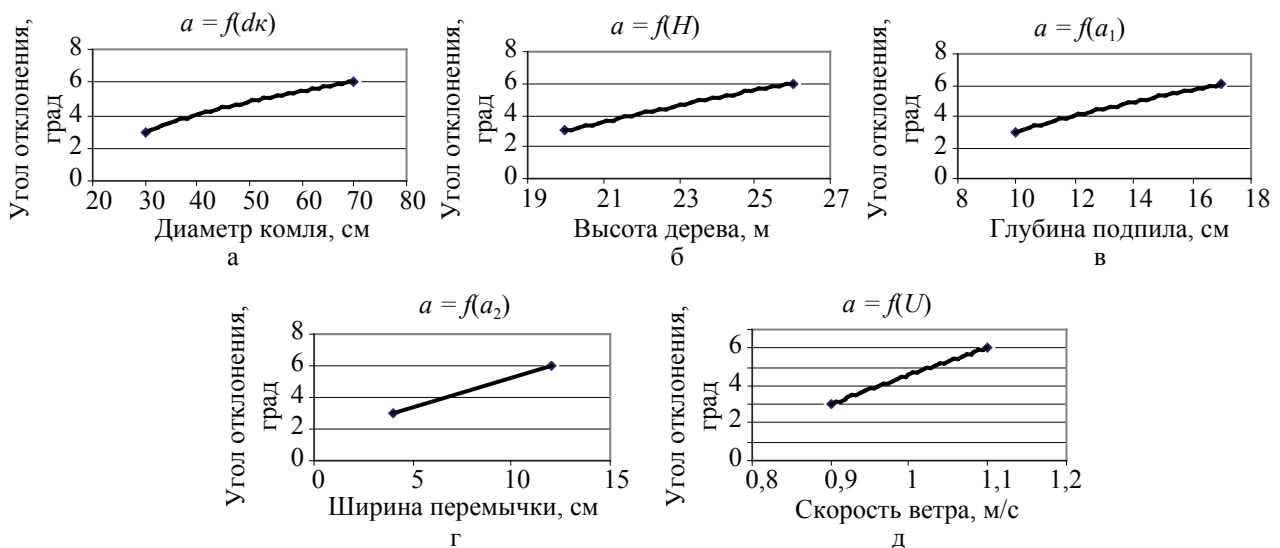


Рис. 3. Графики отклонения от заданного направления валки дерева от факторов, определяющих ее точность

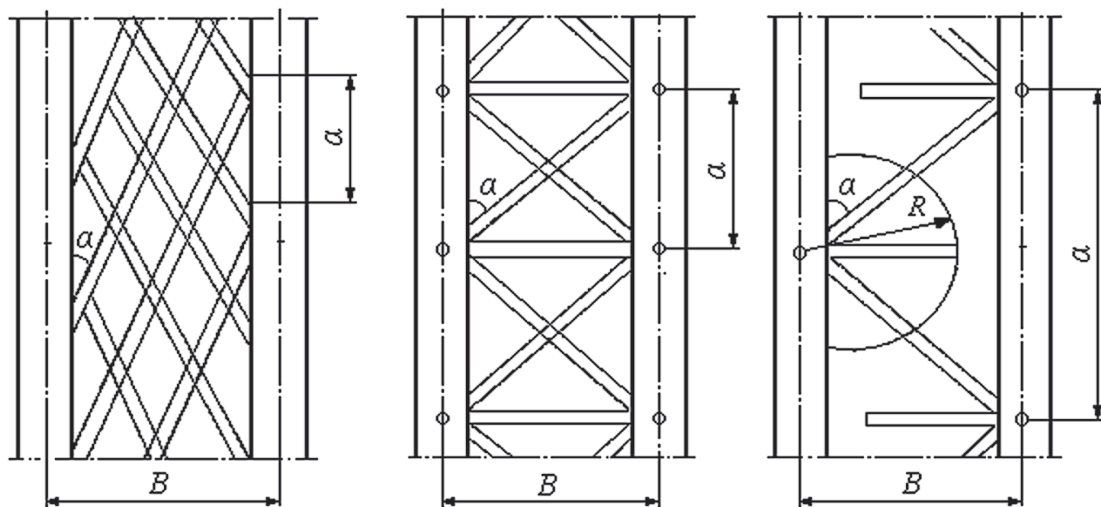


Рис. 4. Способы разработки лесосеки при несплошных рубках в лесных насаждениях

Длина разрубаемого коридора l_k определяется как сумма высоты ствола дерева и расстояния выноса каната

$$l_k = l + h_a$$

Необходимая степень изреживания C может быть достигнута за счет изменения расстояния между коридорами и их шириной. Расстояния между коридорами a и угол их примыкания к волоку определяют площадь и форму формируемых ячеек.

$$C = \frac{ab + 2l_k b_k}{aB},$$

где a – расстояние между коридорами, м;

S – площадь пасеки, м².

$$S_c = 0,5a^2 \operatorname{tg} \alpha,$$

где S_c – площадь сформированной ячейки, м².

При использовании манипуляторной ЛЗМ разработка пасеки осуществляется следующим образом. На каждой рабочей позиции ЛЗМ разрубает волок и технологические коридоры от 1 до 3, которые располагаются перпендикулярно или под углом к волоку, используя вылет манипулятора. На смежных волоках рабочие позиции могут располагаться в шахматном порядке (рис.4, а) или на прямых, перпендикулярных волокам (рис.4, б). Ширина пасеки B в этом случае будет определяться как сумма ширины волока и длины разрабатываемого коридора с учетом максимального вылета манипулятора и угла примыкания коридора к волоку.

$$B = b + 2l_k \sin \alpha.$$

Величина угла примыкания коридора к волоку определяется с учетом условия минимального повреждения деревьев, оставляемых на доразивание, а также эффективного вылета манипулятора и расстояния между коридорами

$$\alpha = \arccos \frac{a}{4R},$$

где a – расстояние между стоянками ЛЭМ, м;

R – эффективный вылет манипулятора.

Длина разрубаемого коридора l_k определяется длиной эффективного вылета манипулятора.

Необходимая степень изреживания C может быть достигнута за счет изменения расстояния между рабочими позициями ЛЗМ на смежных волоках и угла примыкания коридора к волоку (рис.4, в).

Расстояния между рабочими позициями ЛЗМ a и угол примыкания коридора к волоку определяют площадь и форму формируемых ячеек.

$$S_c = 0,5aR \sin \alpha.$$

Выводы

1. Возможное отклонение дерева при валке на 3° увеличивает вероятность соударения деревьев стволами от 18 до 38 % при формировании древостоя густотой от 300 до 700 дер./га. На вероятности соударения кронами деревьев с их пересечением не менее 10 % отклонение дерева от заданного направления оказывает большее влияние. Изменение густоты формируемого насаждения от 300 до 700 дер./га увеличивает вероятность соударения от 77 до 92 % при отклонении от заданного направления валки на 3 и 12° соответственно.

2. При невозможности обеспечения беспрепятственной валки деревьев в секторе, определенном технологическим процессом с достаточной вероятностью, назначение деревьев в рубку при отводе необходимо вести с учетом возможности их валки в заданном направлении. Поставленная задача может быть достигнута при коридорном и линейном способах выборки деревьев на пасеке и формированием древостоя с регулярным типом размещения деревьев.

3. Изучение природно-производственных факторов, действующих на дерево, позволяет определять область применения различных валочных механизированных приспособлений, производить расчет основных технологических параметров механизированной валки (пропил, недопил, подпил), повышающих точность валки.

Библиографический список

1. Виногоров, Г.К. Основные технологические принципы несплошных рубок / Г.К. Виногоров, Ю.Н. Ягудин // Тр. ЦНИИМЭ – М.: Лесная промышленность, 1974. – Сб. 141. – С. 15–27.
2. Кочегаров, В.Г. Технология и машины лесосечных работ: учебник для вузов / В.Г. Кочегаров, Ю.А. Бит, В.Н. Меньшиков. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 392 с.
3. Родненков, М.Г. Механизация и технология лесозаготовительных работ / М.Г. Родненков. – М.: Лесная промышленность, 1973. – 216 с.

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СОРТИМЕНТОВОЗА ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ НА ГИБКИХ РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ГУСЕНИЦАХ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

И.Н. КРУЧЕНИН, доц. каф. транспорта и дорожного стр-ва УГЛТУ, канд. техн. наук,
М.Г. ЕЖОВА, доц. кафедры экономики и организации л/к УГЛТУ, канд. с.-х. наук

В условиях увеличения доли вывозки сортиментов технологические процессы рубок главного и промежуточного пользования ориентированы на вывозку подготовленных лесоматериалов. При этом возрастает число технологических операций, что приводит к отрицательным воздействиям на лесную экосистему.

Лесотранспортные операции являются наиболее энергоемкими и экологически опасными в технологическом процессе лесозаготовок, поэтому вопрос обоснования технических и технологических параметров лесотранспортных машин (ЛТМ) должен рассматриваться с точки зрения взаимодействия с окружающей средой. Если учесть, что в Уральском федеральном округе доля лесозаготовок в зимний период превышает шестьдесят процентов, то проблема перемещения лесоматериалов по снежному покрову становится актуальной.

При этом наиболее технологичной является транспортировка деревьев или сортиментов на лесосеке в полностью погруженном положении.

Эффективное использование ЛТМ в зимний период чаще всего вызвано потерей опорной проходимости по глубокому снежному покрову при перемещении по лесосеке и лесовозным усам.

С целью подтверждения теоретических исследований и изучения возможности повышения опорной проходимости на кафедре транспорта и дорожного строительства УГЛТУ был создан экспериментальный сортиментовоз повышенной проходимости в составе: автомобиль тягач Урал 43202 с гидроманипулятором СФ-65 и роспуском ГКБ-9383 на гибких резинометаллических гусеницах (РМГ), одетых на сдвоенные пневматические шины роспуска. При этом ширина гусениц составляла 0,6 м, предварительное натяжение 0,93 кН.

Испытания проводились на базе Уральского учебно-опытного лесхоза Уральского государственного лесотехнического университета (УУОЛ УГЛТУ) в марте (рис. 1). В задачи исследования входили: определение тягового усилия, необходимого для перемещения автопоезда при различных статических нагрузках и параметрах ходовой части; определение коэффициента сопротивления движению на различных типах снежной поверхности; колеобразование; степень уплотнения снега на дне колеи; возможность многократных проходов по одному следу; оптимизация конструктивных параметров ходовых частей ЛТМ.

Применение роспуска на РМГ дало возможность перемещаться самопогружающемуся автопоезду по снежному покрову глубиной до 50 см, что позволило в ряде случаев исключить операцию трелевки.

При проведении рубок ухода с применением сортиментовоза повышенной проходимости возникает задача определения доступности сортиментов с одной стоянки. В этом случае досягаемость сортимента будет определяться взаимным расположением раскряжеванного дерева и ЛТМ.

При использовании гидроманипулятора СФ-65 на погрузке сортиментов длиной 6 м и среднего объема от 0,25 до 0,38 м³ перемещение в горизонтальной плоскости может составить от 5,3 до 10,6 м [1]. При этом количество циклов погрузки при рейсовой нагрузке 12 м³ составит от 30 до 33.

Анализ структуры рабочего цикла гидроманипулятора СФ-65 показал, что время погрузки 1 м³ составляет от 1,80 до 2,56 мин.

Как показано в работах [1, 2], наиболее значимыми факторами, влияющими на время погрузки, являются длина и диаметр сортимента. Однако в условиях частого переезда к остановочным пунктам при погрузке их влияние уменьшается.



Рис. 1. Экспериментальный сортиментовоз повышенной проходимости на гибких резинометаллических гусеницах

Используя методику для определения расстояния переезда к остановочному пункту, отнесенного к одному заготовленному дереву [3], было получено, что при проведении работ в сосняке разнотравном с густотой насаждений 290 шт./га средневзвешенное расстояние переезда составляет 5,8 м.

С учетом объема ликвидной древесины и рейсовой нагрузки количество переездов дошло до 9.

При анализе технологических возможностей сортиментовоза возникла необходимость экономического обоснования схемы погрузки лесоматериалов непосредственно на лесосеке. Расчеты выполнялись для базового и внедряемого вариантов. Характеристика технологических процессов для обоих вариантов представлена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Характеристика технологического процесса на рубках промежуточного пользования

Базовый вариант	Внедряемый вариант
1. Валка леса	1. Валка леса
2. Обрезка сучьев	2. Обрезка сучьев
3. Трелевка леса трактором	3. Раскряжевка хлыстов на сортименты на лесосеке
4. Раскряжевка хлыстов на сортименты	4. Вывозка сортиментов на самопогружающемся автопоезде
5. Вывозка сортиментов сортиментовозом с гидроманипулятором	

Норма выработки на погрузку и выгрузку сортиментов рассчитывалась по формуле

$$H_{\text{выр}} = \frac{480 - (36 + 14)}{T_1 L + T_2} \cdot H_p, \quad (1)$$

где 480 – время смены, мин;

36 – время на подготовительно-заключительную работу, мин;

14 – время на отдых, мин;

T_1 – время пробега 1 км в обоих направлениях, принимаемое для зимних условий $T_1 = 5,2$ мин по снежной дороге;

L – расстояние вывозки, км;

T_2 – время пребывания автопоезда под погрузкой и выгрузкой (установка под погрузку и выгрузку, погрузка, выгрузка, увязка и развязка воза) на рейс, мин.

$$T_2^{\text{БАЗ}} = 3 + 2,0 \cdot 12 + 2,0 \cdot 12 = 51 \text{ мин/рейс}$$

$$T_2^{\text{ВН}} = 3 \cdot 9 + 2,56 \cdot 12 + 2,0 \cdot 12 = 81 \text{ мин/рейс}$$

H_p – рейсовая нагрузка, 12 м³.

$$H_{\text{выр}}^{\text{зим}} = \frac{480 - (36 + 14)}{5,2 \cdot 25 + 51} \cdot 12 = 28,5 \text{ м}^3/\text{маш.см.}$$

$$H_{\text{выр}}^{\text{зим}} = \frac{480 - (36 + 14)}{5,2 \cdot 25 + 81} \cdot 12 = 24,5 \text{ м}^3/\text{маш.см.}$$

Норма выработки для остальных операций принималась по сборнику [4]. Затраты на заготовку и вывозку для обоих вариантов представлены на рис. 2.

По данным рис. 2 видно, что трудозатраты по комплексу рассматриваемых работ во внедряемом варианте ниже за счет отсутствия затрат на трелевку древесины, доля которой в базовом варианте составляет 33,3 %.

Затраты на рубки ухода в УУОЛ УГЛТУ

Выполняемые операции	Заработная плата с начислениями, руб.	Затраты на содержание механизмов, руб.	Прочие расходы (3 %), руб.	Итого по вариантам, руб.	
				всего	на 1 м ³
Валка, обрезка сучьев, трелевка, раскряжевка, вывозка	49 716,5	146 657,2	5 891,2	202 264,9	202,3
Валка, обрезка сучьев, раскряжевка, вывозка	32 546,4	86 082,7	3 558,9	122 188,0	122,2

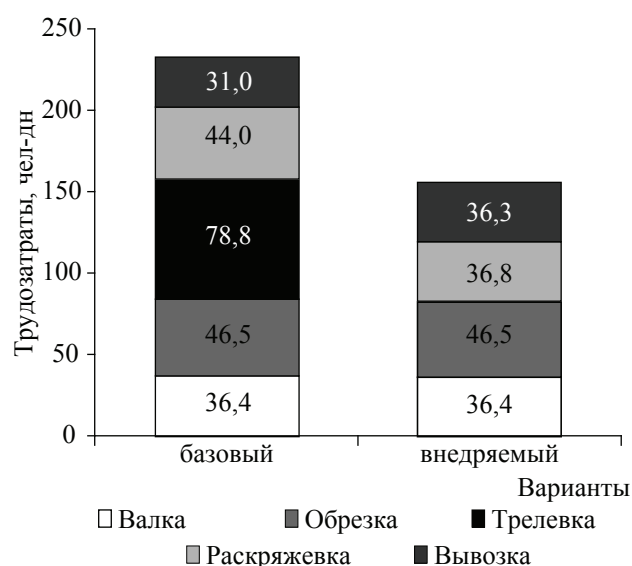


Рис. 2. Трудозатраты на заготовку и вывозку 1 000 м³ древесины от рубок промежуточного пользования

Далее была определена технологическая себестоимость заготовки и вывозки древесины. В нее включена заработная плата рабочих с начислениями, содержание машин и механизмов и прочие расходы.

Для начисления заработной платы в УУОЛ УГЛТУ применяют сдельно-премиальную систему оплаты труда. Заработная плата основных рабочих рассчитывается на основе дневных тарифных ставок. Дневные тарифные ставки приняты нами по данным лесхоза. Потребное количество человеко-дней находится делением объема работ на норму выработки. В фонд основной заработной платы входит тарифный фонд, доплаты и районный коэффициент. Тарифный фонд заработной платы находится умножением дневной тарифной ставки на потребное количество человеко-дней. Доплаты к тарифу с учетом районного коэффициента приняты в размере 50 % от него. Сумма дополнительной заработной платы принята в размере 15,3 % от основной.

В нее входит оплата отпусков и других оплачиваемых неявок (кроме неявок по болезни, которые не входят в состав заработной платы и выплачиваются за счет средств на социальное страхование), а также вознаграждение за выслугу лет. Совокупность основной и дополнительной заработной платы образует общий фонд заработной платы. Отчисления на социальные нужды составляют 26,2 % от суммы основной и дополнительной заработной платы.

Себестоимость содержания машинно-смены машин и механизмов состоит из следующих слагаемых: основной и дополнительной заработной платы обслуживающих рабочих, отчислений на социальные нужды, стоимости топлива и смазочных материалов, суммы амортизационных отчислений, отчислений на ремонт, а также прочих расходов. Для внедряемого варианта включены затраты на приобретение РМГ (табл. 2).

Как видно из сопоставительного анализа, предлагаемое техническое решение позволяет в условиях хозяйственной деятельности лесхозов существенно сократить затраты при проведении рубок и обеспечить возможность перемещения ЛТМ по глубокому снежному покрову.

Библиографический список

1. Смирнов, М.Ю. Повышение эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами: Научное издание / М.Ю. Смирнов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – 280с.
2. Жуков, А.В. Современные лесозаготовки. Техника и технологии: учеб. пособие / А.В. Жуков, А.С. Федоренчик, В.А. Азаренок и др. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2004. – 111с.
3. Герц, Э.Ф. Теоретическое обоснование технологий рубок с сохранением лесной среды (на примере Уральского региона): дисс. ... докт. техн. наук / Э.Ф. Герц – Екатеринбург, 2004. – 270 с.

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ТОНКОМЕРНО-КОРОТКОМЕРНОГО СЫРЬЯ В РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Б.Е. МЕНЬШИКОВ, *проф. каф. технол. и оборуд. лесопром. пр-ва УГЛТУ, канд. техн. наук,*
Е.В. ВОРОБЬЕВА, *ст. преподаватель каф. технол. и оборуд. лесопром. пр-ва УГЛТУ*

Объективные тенденции развития отрасли приводят к тому, что в районах интенсивных лесозаготовок происходит постепенное ухудшение таксационных показателей лесосечного фонда: увеличение доли низкокачественного сырья, снижение среднего диаметра заготавливаемой древесины и т.п., при этом доля тонкомерного сырья в общем объеме постоянно увеличивается. В этих условиях для предприятий лесного комплекса одной из самых актуальных задач является рациональное и экономически эффективное использование всей заготавливаемой древесины. Одним из путей, обеспечивающих более полное использование древесного сырья, является рациональная раскряжевка вершинной части хлыстов как при сортиментной, так и при хлыстовой технологии лесосечных работ.

На кафедре технологии и оборудования лесопромышленного производства УГЛТУ были проведены исследования, которые позволили обосновать целесообразность заготовки тонкомерно-короткомерного сырья (ТКС) и его дальнейшей переработки в различных производственных условиях лесозаготовительных предприятий Пермского края, Свердловской области и Ханты-Мансийского автономного округа.

Как правило, из вершинной части хвойных хлыстов выпиливают сортименты одной-двух фиксированных длин (2; 4 м) несмотря на то, что по ГОСТ 9463-88 градация этих лесоматериалов по длине допускается от 0,1 до 0,5 м. Если такая технология обоснована при отправке лесоматериалов в круглом виде железнодорожным или автомобильным транспортом, то при использовании сырья непосредственно на предприятии более целесообразно заготавливать из вершинной части хлыстов сортименты различных длин [1].

На рис. 1 представлены схемы раскряжевки вершинной части хлыстов по обще-

принятой технологии и с заготовкой ТКС. По первой схеме производится гостированный сортимент фиксированной длины (ГС), а отпиленный короткомерный вершинный отрезок (КВО) длиной от 0,1 до 1,9 м в лучшем случае используется на дрова при раскряжевке хлыстов в условиях нижних складов, а при сортиментной технологии – остается на лесосеке неиспользованным. При технологии с заготовкой ТКС от ГС не отпиливается КВО, который может использоваться как дополнительное сырье в составе ТКС для дальнейшей переработки на пилопродукцию или технологическую щепу.

По действующему ГОСТ 9463-88 круглые лесоматериалы хвойных пород диаметром от 14 см и более относятся к пиловочнику общего назначения, однако в связи с острой нехваткой сырья для лесопиления и все большим применением агрегатных и круглопильных станков проходного типа тонкомерное непиловочное сырье диаметром от 8 до 13 см используется для производства пилопродукции. Другим основным направлением использования лесоматериалов толщиной 6–24 см является заготовка балансов для выработки целлюлозы и древесной массы.

Таким образом, в зависимости от вершинного диаметра ТКС можно классифицировать по типам: ТКС-I – $6 \leq d_{\text{ТКС}} < 8$ см; ТКС-II – $8 \leq d_{\text{ТКС}} < 14$ см; ТКС-III – $d_{\text{ТКС}} \geq 14$ см. ТКС-I по своему назначению относится только к балансовому сырью. ТКС-II может использоваться не только для производства технологической щепы, но и в качестве тонкомерного сырья для лесопиления. ТКС-III относится как к стандартному пиловочному сырью, так и к балансовому. Возможные направления использования такого сырья зависят от конкретных природно-производственных условий работы того или иного лесозаготовительного предприятия.

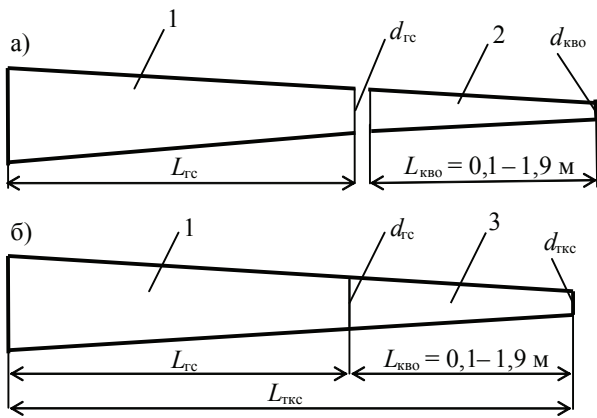


Рис. 1. Схемы раскряжевки вершинной части хлыстов: а) по общепринятой технологии; б) с заготовкой ТКС; 1 – гостированный сортимент фиксированной длины (ГС); 2 – короткомерный вершинный отрезок (КВО), отпиленный от ГС по общепринятой технологии; 3 – КВО в составе ТКС; $d_{ГС}$, $d_{КВО}$, $d_{ТКС}$ – диаметр ГС, КВО, ТКС в целом, см; $L_{ГС}$, $L_{КВО}$, $L_{ТКС}$ – длина ГС, КВО, ТКС в целом, м.

Исследования крупномерности хвойных хлыстов, поступающих на раскряжевку, показали, что их распределение охватывает весь диапазон групп толщин – от тонкомерных до крупномерных. В соответствии с существующим распределением хлыстов по ступеням толщины [2]: тонкомерные (диаметр до 28 см), средние (28–44 см) и крупномерные (более 44 см), сосновые хлысты в ООО «Советсклеспром» (названия предприятий приведены на момент проведения экспериментальных исследований) относятся к тонкомерным, еловые в ОАО «Шамара-лес» – к хлыстам средней толщины, а перестойные елово-пихтовые насаждения в ООО «Яйвалес» и ОАО «Вишералес» – к крупномерным.

В ООО «Советсклеспром» применяется сортиментная технология лесосечных работ. При этом, имея соответствующее лесопильное оборудование, заготавливают сырье для лесопиления от 8 см и выше, а вершинная часть дерева остается на лесосеке неиспользованной. На остальных предприятиях раскряжевка хлыстов ведется на нижних складах, при этом использование сырья различно. ОАО «Шамара-лес» и ООО «Яйвалес» в качестве сырья для лесопиления используют только стандартное пиловочное сырье (от 14 см), а лесоматериалы толщиной от 6 до 13 см предназначены для получения технологичес-

кой щепы. В ОАО «Вишералес», работающем в составе Красновишерского ЦБК, из вершинной части хлыстов всех групп диаметров выпиливается только балансовое долготье.

При исследовании объемно-размерных характеристик ТКС на этих предприятиях были установлены зависимости увеличения диаметров ТКС $d_{ТКС}$ и вершинных ГС $d_{ГС}$ от диаметра хлыста $d_{ХЛ}$. Полученные уравнения связи характеризуют эти зависимости. При различных технологиях заготовки древесины наблюдается постоянство средних значений диаметра ГС $d_{ГС}$

$$d_{ГС} = -0,0002d_{ХЛ}^2 + 0,14d_{ХЛ} + 8,67 \quad (1)$$

Характер изменения средних значений диаметров ТКС при сортиментной технологии лесосечных работ с заготовкой сырья для лесопиления такой же, как и при хлыстовой с плюсовым отклонением 1–2 см:

$$d_{ТКС} = -0,001d_{ХЛ}^2 + 0,23d_{ХЛ} + 4,54 \quad (2)$$

$$d_{ТКС} = 0,0002d_{ХЛ}^2 + 0,2d_{ХЛ} + 5,6 \quad (3)$$

Также установлено, что процентное содержание КВО, ГС и ТКС в целом в хлыстах различных групп толщин неодинаково. С ростом толщины хлыста их процентное содержание уменьшается. По данным эксперимента рассчитано уравнение связи, позволяющее определить зависимость процентного содержания КВО $q_{КВО}$ от диаметра хлыста (рис. 2)

$$q_{КВО} = 321,78d_{ХЛ}^{-1,46} \quad (4)$$

Технология раскряжевки вершинной части хлыстов с заготовкой ТКС позволяет дополнительно получить на каждые 1 000 м³ хлыстов, в зависимости от среднего объема хлыста 10–40 м³ древесного сырья, используемого для дальнейшей переработки. Проверка этих данных на разных предприятиях показала статистическую достоверность полученных результатов.

Экспериментальные исследования распределения ТКС по типам показали, что оно носит закономерный характер и зависит от среднего объема хлыста (рис. 3). При росте среднего объема хвойных хлыстов, поступающих на раскряжевку, процентное содержание ТКС-I снижается от 5 до 3 (в хлыстах средней толщины и крупномерных), а ТКС-II – от 90 до 70 %, и одновременно содержание ТКС-III

увеличивается от 10 до 27 %. В ООО «Советсклеспром» ТКС-I при сортиментной технологии лесосечных работ отсутствует. Полученное распределение ТКС по типам послужило основой для экономических расчетов при определении эффективности производства ТКС.

Экономическая эффективность производства ТКС определялась методом сравнения

с общепринятой технологией раскряжки хлыстов для различных природно-производственных условий лесозаготовительных предприятий при неизменной себестоимости в обоих случаях. В табл. 1 приведены данные по объему и стоимости дополнительных ресурсов сырья, полученных при заготовке ТКС из вершинной части хлыстов.

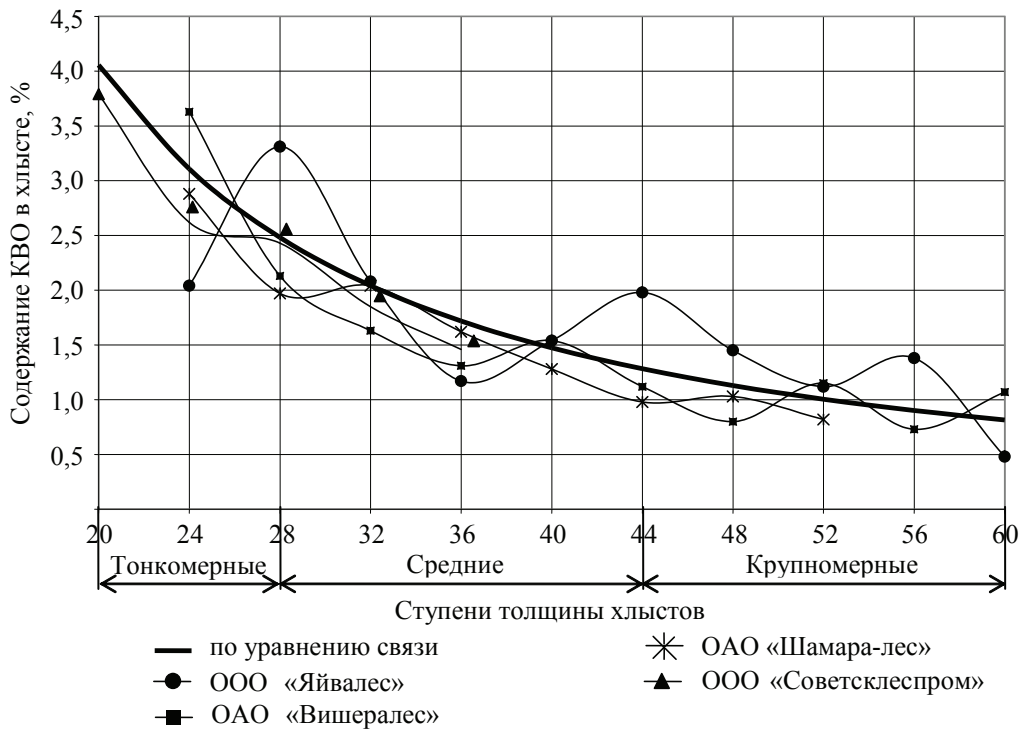


Рис. 2. График зависимости процентного содержания КВО от толщины хлыста

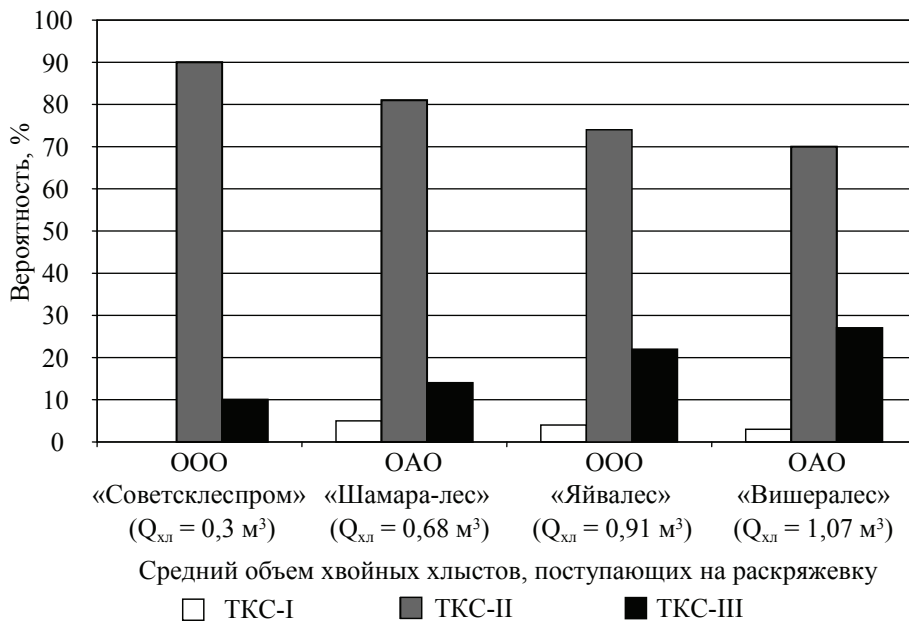


Рис. 3. Процентное распределение ТКС по типам

Экономическая эффективность производства ТКС в различных природно-производственных условиях лесозаготовительных предприятий (на 1 000 м³ заготовленных хлыстов)

Виды лесоматериалов	Цена* за 1 м ³ , руб.	Способ раскряжевки хлыстов					Технология с заготовкой ТКС к общепринятой	
		общепринятая технология		с заготовкой ТКС			м ³ , +, –	руб. +, –
		м ³	стоимость, руб.	%	м ³	стоимость, руб.		
ООО «Советсклеспром»								
Сырье для лесопиления, в т.ч.								
– пиловочное $d \geq 14$ см	1100	–	–	10	2,3	2530	+ 2,3	+ 2530
– тонкомерное $8 \leq d < 14$ см	700	–	–	90	21,0	14700	+ 21,0	+ 14700
Неиспользуемая древесина	–	23,3	–	–	–	–	–	–
Итого:				100	23,3	17230	+ 23,3	+ 17230
ОАО «Шамара-лес»								
Пиловочное сырье $d \geq 14$ см	1100	–	–	14	2,1	2310	+ 2,1	+ 2310
Балансы еловые	700	–	–	86	12,6	8820	+ 12,6	+ 8820
Дрова	200	7,4	1480	–	–	–	– 7,4	– 1480
Неиспользуемая древесина	–	7,3	–	–	–	–	–	–
Итого:		14,7	1480	100	14,7	11130	+ 7,3	+ 9650
ООО «Яйвалес»								
Пиловочное сырье $d \geq 14$ см	1100	–	–	22	2,9	3190	+ 2,9	+ 3190
Балансы елово-пихтовые	700	–	–	78	10,2	7140	+ 10,2	+ 7140
Дрова	200	6,6	1320	–	–	–	– 6,6	– 1320
Неиспользуемая древесина	–	6,5	–	–	–	–	–	–
Итого:		13,1	1320	100	13,1	10330	+ 6,5	+ 9010
ОАО «Вишералес»								
Балансы елово-пихтовые	700	–	–	100	9,9	6930	+ 9,9	+ 6930
Дрова	200	5,0	1000	–	–	–	– 5,0	– 1000
Неиспользуемая древесина	–	4,9	–	–	–	–	–	–
Итого:		9,9	1000	100	9,9	6930	+ 4,9	+ 5930

*Цена за 1 м³ лесоматериалов принята средневзвешенной по этим предприятиям.

По общепринятой технологии в условиях лесосеки (ООО «Советсклеспром») остаются неиспользуемыми 23,3 м³ сырья на 1 000 м³ хлыстов. При раскряжевке хлыстов на нижних складах (ОАО «Шамара-лес», ООО «Яйвалес», ОАО «Вишералес») часть такого сырья в лучшем случае используется в качестве дров, а короткомерные отрезки длиной от 0,1 до 1 м идут в отходы. Заготовка ТКС из вершинной части хлыстов позволяет направлять КВО, отпиливаемые по общепринятой технологии, в составе ТКС для производства пилопродукции или технологической щепы. За счет этого стоимость лесоматериалов как сырья для последующей переработки увеличивается на сумму от 5 930 до 17 230 рублей.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Предложенная технология раскряжевки вершинной части хлыстов эффективна как при хлыстовой, так и при сортиментной технологии лесосечных работ, особенно в тонкомерных и средних древостоях, т.к. процентное содержание КВО в них выше, чем в крупномерных.

2. Заготовка ТКС в условиях лесозаготовительных предприятий позволяет увеличить ресурсы сырья от 10 до 40 м³ на каждые 1 000 м³ хлыстов и получить значительный экономический эффект при их дальнейшем использовании в лесопилении или для производства технологической щепы.

3. Экономическая эффективность производства ТКС в различных природно-производственных условиях будет отличаться в зависимости от направлений его использования, однако переход на такую

технологии всегда позволит достичь более рационального использования древесного сырья.

4. Полученные закономерности можно применять для решения различных производственных задач по производству ТКС:

- определения основных объемно-размерных характеристик такого сырья без проведения экспериментальных исследований;

- прогнозирования ожидаемых объемов ТКС как в целом, так и по каждой группе диаметров;

- организации участков сортировки такого сырья по группам диаметров, по назначению и другим признакам;

- выбора оптимальных схем раскроя и технологического оборудования при использовании ТКС для получения пилопродукции.

Библиографический список

1. Калитеевский, Р.Е. Лесопиление в XXI веке. Технология, оборудование, менеджмент / Р.Е. Калитеевский. – СПб.: ПРОФИ-ИНФОРМ, 2005. – 480 с.
2. Петровский, В.С. Оптимальная раскряжка лесоматериалов / В.С. Петровский. – 2-е изд. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 288 с.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РАБОЧЕЙ СМЕНЫ ОПЕРАТОРА ХАРВЕСТЕРА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

А.В. МЕХРЕНЦЕВ, *Мин-во пром-сти, энергетики и науки Свердловской обл., канд. техн. наук*,
 Ф.Г. БЕЛЯЙКОВ, *асп. каф. автоматизации производственных процессов УГЛТУ*,
 М.В. ПОЛУКАРОВ, *асп. каф. автоматизации производственных процессов УГЛТУ*

Лесозаготовительные работы неизбежно оказывают влияние на качество заготовленного древесного сырья. При этом данное влияние необходимо рассматривать во временном контексте. Оно может быть сиюминутным и отражаться на качестве заготовленного сырья, определяемого применяемыми технологией, машинами, сроками заготовки, видом складирования и т. п., в плане соответствия его предъявляемым к лесоматериалам стандартам. А может быть и пролонги-

рованным во времени, что характерно для несплошных рубок леса. При этом, говоря о качестве сырья, нужно рассматривать не только непосредственно качество заготовленных при данном виде рубки лесоматериалов, но и качество оставляемого на дорастивание древостоя, отводимого в последующие рубки. Здесь в первую очередь должна рассматриваться сохранность его от повреждений и защита лесной почвы, на которой данный древостой продолжает расти [1].

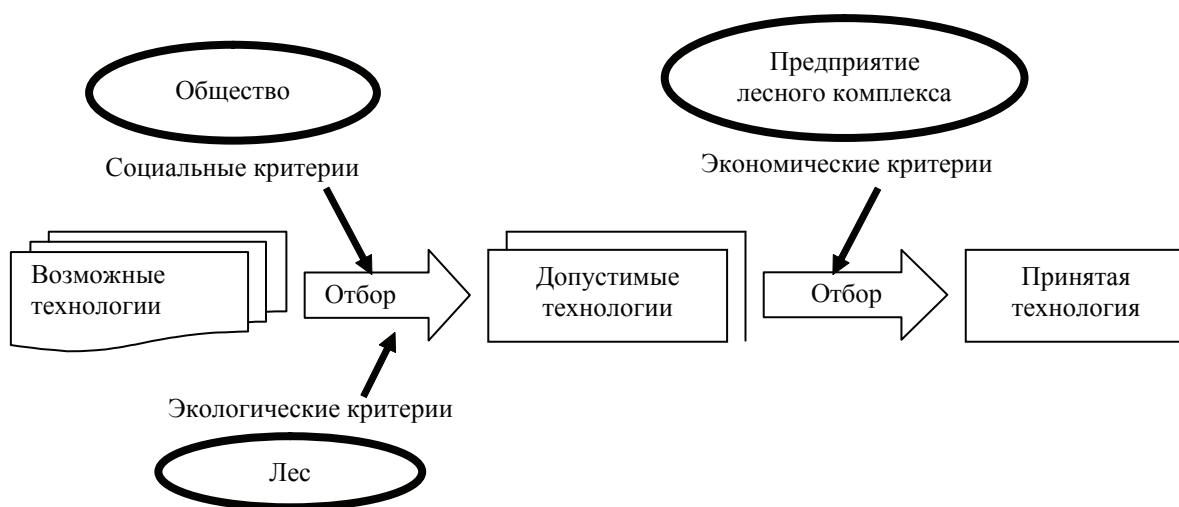


Рис. 1. Принципиальная схема последовательности выбора технологии проведения лесосечных работ

В настоящее время стратегия устойчивого лесопользования предусматривает регулирование комплекса функций леса, а также переход на природоохраняющие и экологизированные технологии и соответствующее им оборудование. Эффективные технологии лесосечных работ должны осуществляться с учетом социальных, экономических, экологических критериев [2] (рис. 1).

Учитывая, что в России доля сортиментной технологии постоянно растет, значительный интерес лесозаготовителей вызывает оценка качества заготовки и применимость харвестеров – лесных комбайнов, производящих валку дерева, обрезку сучьев, раскряжевку на сортименты, их частичную рассортировку и окучивание по породам и назначению, и форвардеров, осуществляющих сбор, погрузку, транспортирование и штабелирование древесины у лесной дороги [3, 4]. Лесозаготовителя интересует как производительность, так и процент поврежденных деревьев, оставляемых на доращивание при несплошных рубках.

Можно выделить ряд факторов, влияющих на качество заготовки: применяемая технология, машины и оборудование, место и время проведения рубок, квалификация персонала.

Для оценки влияния сортиментной технологии и машин на качество оставляемого на доращивание древостоя была исследована механизированная сортиментная лесозаготовка на базе «Международного учебного центра по обучению операторов многооперационных лесных машин» в Ленинградской области (Светогорск). Исследования проводились с применением харвестера HS16 ERGO фирмы «Ponsse».

Основной целью исследований стало выявление причин повреждений оставляемого древостоя при несплошных рубках. Объектом исследования стал оставляемый древостой после проведения несплошных рубок с применением харвестера обучаемым оператором с опытом работы до года. Рабочая смена обучаемого оператора разбивалась примерно на 2-часовые промежутки, на каждом из которых оценивались такие параметры, как производительность и повреждаемость. Данные об объеме заготовленной древесины и

производительности собирались при помощи специализированной измерительной системы харвестера «ОРТИ», которые можно вывести на монитор или принтер. Данные о повреждениях, длинах измерительных участков, ширине волока, ширине пасек, таксационных показателях получены путем измерения вручную. Экспериментальными участками послужили лесосеки Северо-западного лесхоза пограничного лесничества. Первая пробная площадка (далее площадка № 1) расположена в квартале № 196 (лесосека № 1). Общая площадь лесосеки 6,7 га, средний запас на 1 га равен 174 м³, средний объем хлыста равен 0,539 м³, тип леса сосняк травяной, полнота насаждения 1,15, процент вырубki 35 %. Вторая пробная площадка (далее площадка № 2) расположена в квартале № 178 (лесосека № 1). Общая площадь лесосеки 34,0 га, средний запас на 1 га равен 136 м³, средний объем хлыста равен 0,531 м³, тип леса сосняк травяной, полнота насаждения 1,06, процент вырубki 28 %. Время заготовки – март и февраль соответственно.

В результате исследований были получены зависимости от времени таких технологических параметров, как производительность (рис. 2) и повреждаемость (рис. 3).

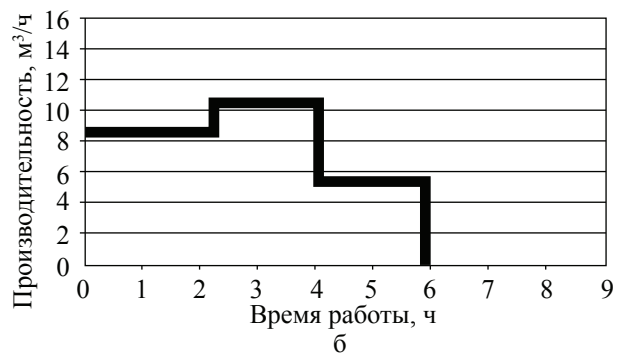
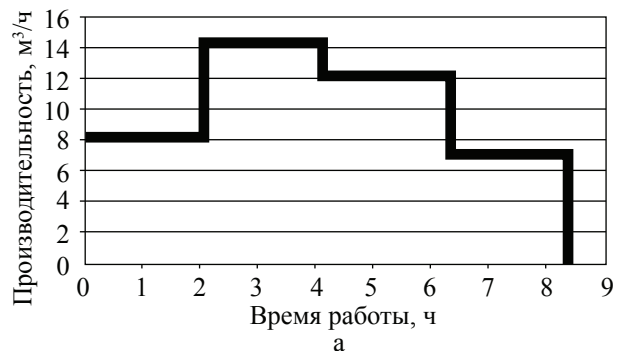


Рис. 2. Графики зависимостей производительности от продолжительности рабочей смены

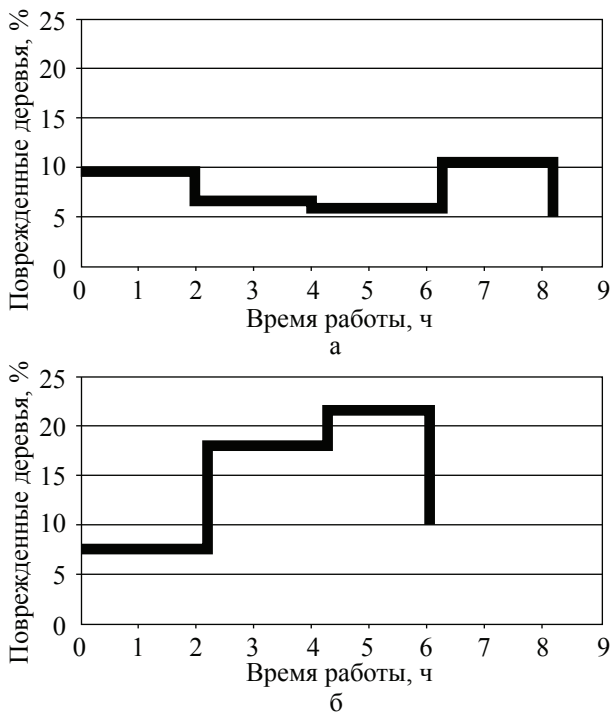


Рис. 3. Графики зависимостей процента поврежденного древостоя от продолжительности рабочей смены

Было выявлено, что у обучаемого оператора харвестера с опытом менее 1 года в процессе лесозаготовки на площадке № 1 производительность в течение смены растет до общей продолжительности 4 часа (рис. 2а), после чего начинает падать. При этом процент повреждений (рис. 3а) сначала падает, достигает минимума после 6 часов работы, после чего увеличивается. Такую динамику производительности можно объяснить тем, что в начальный момент оператор еще не утомлен, но при этом еще недостаточно внимателен, что отражается на высоком уровне повреждений и не очень высокой производительности. Далее в процессе работы оператор становится более внимательным и уверенным, вследствие чего делает меньше повреждений при большей производительности. После 6 часов работы начинает сказываться утомляемость, начинает падать производительность и увеличиваться повреждаемость.

Несколько иная ситуация на площадке № 2. Здесь оператор работал лишь 6 часов. При этом график зависимости производительности от времени (рис. 2б) схож по форме с графиком производительности делянки № 1, но с меньшей производительностью. Но совершенно другой график зависимости процента пов-

реждений от времени (рис. 3б). Теперь процент повреждений с течением времени растет.

Основной причиной таких отличий стали различные таксационные показатели делянок и, в первую очередь, средний запас, полнота и процент вырубки.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Оценка технологических процессов лесосечных работ должна включать критерии экологического, экономического и социального характера.

2. Уменьшение длительности смены обучаемого оператора харвестера до 4 часов позволит значительно снизить процент повреждений оставляемого древостоя при проведении обучения. При этом остальную часть 8-часовой рабочей смены обучаемого оператора стоит занять либо практическим обучением работе на форвардере, либо выполнением других производственных задач, таких как заточка цепей, осмотр делянок, оценка повреждений и др.

3. Результаты работы позволят при обучении операторов лесозаготовительных машин (харвестеров) разрабатывать организационно-технологические мероприятия, повышающие как эксплуатационные (экономические) показатели основных работ несплошных рубок, так и показатели экологической обеспеченности (эффективности), основанные на надежном последующем естественном лесовозобновлении и сохранении биологического разнообразия лесной среды.

Библиографический список

1. Герасимов, Ю.Ю. Экологическая оптимизация технологических процессов и машин для лесозаготовок / Ю.Ю. Герасимов, В.С. Сютнев. – Йоэнсуу: Изд-во университета Йоэнсуу, 1998. – 178 с.
2. Герц, Э.Ф. Оценка технологии лесопользования на лесосечных работах / Э.Ф. Герц. – Екатеринбург: УрГЛТУ, 2003. – 120 с.
3. Кочегаров, В.Г. Технология и машины лесосечных работ: учебник для вузов / В.Г. Кочегаров, Ю.А. Бит, В.Н. Меньшиков. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 392 с.
4. Сазонова, Е.А. Энергетический подход в оценке эффективности технологических процессов лесозаготовок. Социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса // Сб. матер. междунар. науч.-техн. конф. / Е.А. Сазонова. – Екатеринбург: УрГЛТУ. – 2003. – С. 186–187.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ ПО ВИДУ ВЫПОЛНЯЕМЫХ ОПЕРАЦИЙ

М.В. ПОЛУКАРОВ, *асп. каф. автоматизации производственных процессов УГЛТУ*,
Ф.Г. БЕЛЯЙКОВ, *асп. каф. автоматизации производственных процессов УГЛТУ*,
А.В. МЕХРЕНЦЕВ, *Мин-во пром-ти, энергетики и науки Свердловской обл., канд. техн. наук*

Вопросами классификации лесосечных машин и механизмов занимались многие авторы [1, 2]. Классификация производилась по технологическому назначению, принципу действия, мобильности, компоновке технологического оборудования и технологии разработки лесосек.

Цель созданной классификации – систематизация оборудования для лесосечных работ (машин и механизмов) по виду выполняемых операций.

Как известно, все операции лесосечных работ подразделяются на технологические, в результате выполнения которых изменяются формы и размеры предмета труда (рис. 1), и переместительные, в результате выполнения которых изменяется место расположения предмета труда (рис. 2) [1].

В настоящее время общепринятая классификация лесосечных машин по выполняемым операциям не иллюстрирует полные возможности той или иной машины, того или иного механизма. Так, например, исходя из названия «валочно-трелевочная машина» нельзя сказать, что эта машина может выполнять только валку деревьев и их последующую трелевку. Технологические возможности этой машины значительно шире. В зависимости от задач технологического процесса с использованием данной машины могут выполняться операции пакетирования, сортировки и пр.

Предлагаемая классификация лесосечных машин и механизмов по выполняемым

операциям позволяет синтезировать технологические процессы с учетом всех возможностей машин (рис. 3). Она может служить основой для детального проектирования технологического процесса, т.к. имеет ряд преимуществ перед вышеперечисленными:

- отображает дополнительные возможности того или иного механизма или машины для лесосечных работ;
- охватывает весь спектр выполняемых операций (как технологических, так и переместительных), соотнесенных с типами машин и механизмов;
- позволяет минимизировать затраты за счет исключения дублирования операций и уменьшить долю непроизводительных транспортных операций, т.е. оптимизировать перемещение объекта труда при валке, обрезке сучьев, раскряжевке и трелевке;
- позволяет обеспечить протекание технологического процесса с заданным уровнем интенсивности;
- позволяет определить время выполнения операции, ее очередность и место на лесосеке;
- позволяет осуществить полную загрузку всех систем и элементов технологического процесса;
- позволяет решать задачи синтеза системы машин исходя из конкретных природно-производственных условий по критерию обеспечения сохранности компонентов леса (древостоя, оставленного на доращивание, подроста и почвы).

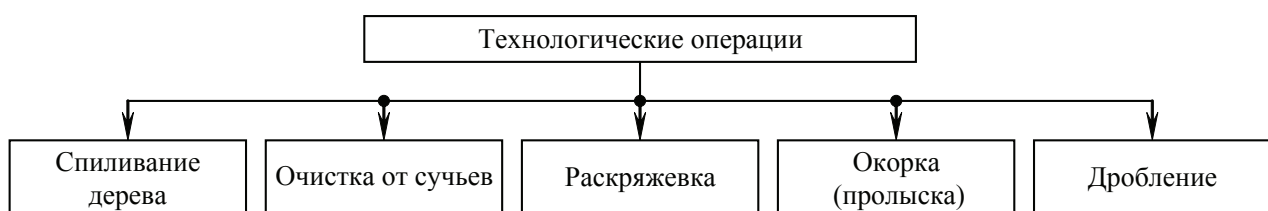


Рис. 1. Технологические операции



Рис. 2. Переместительные операции

Из вышеперечисленных преимуществ наиболее существенными элементами являются конкретные природно-производственные условия по критерию сохранности компонентов леса. Они включают следующие факторы, представленные на схеме (рис. 4).

Расположение как выполняемых операций, так и машин и механизмов выполнено в алфавитном порядке. Однако не стоит рассматривать такую последовательность операций как порядок их выполнения, так как они могут выполняться в различной последовательности, а их необходимость, в свою очередь, будет определяться технологическим процессом. Из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Выполнение той или иной операции ограничено конструкцией технологического оборудования.

2. Состав технологического оборудования определяется параметрами машины, которые, в свою очередь, не должны выходить за рамки лесоводственных требований к технологическому процессу, с одной стороны, и обеспечивать высокую рентабельность лесозаготовок, с другой стороны. Вместе с тем, помимо этих двух составляющих имеют место природно-производ-

ственные факторы, например колебание температуры в зимнее время, которое приводит к изменению степени несущей способности грунта, а это, в свою очередь, негативно отражается как на почве (сильное перемешивание напочвенного покрова), так и на корневой системе деревьев (нарушение питания деревьев).

3. Рациональная схема взаимодействия технологического оборудования и предмета труда (дерева) достигается за счет использования современных автоматизированных устройств не только в машинах и механизмах, но и при их производстве.

Вышеперечисленные преимущества классификации с учетом всех природно-производственных условий позволят создать технологический процесс со сравнительно высокой интенсивностью и низкой удельной энергоемкостью и, как следствие этого, низкой себестоимостью заготовки 1 м³ леса.

В завершение следует отметить, что данная классификация может быть адаптирована при создании новых машин и механизмов для лесосечных работ, в свою очередь вызванных необходимостью максимализации степени сохранности компонентов леса, а также качеством продуктов леса.

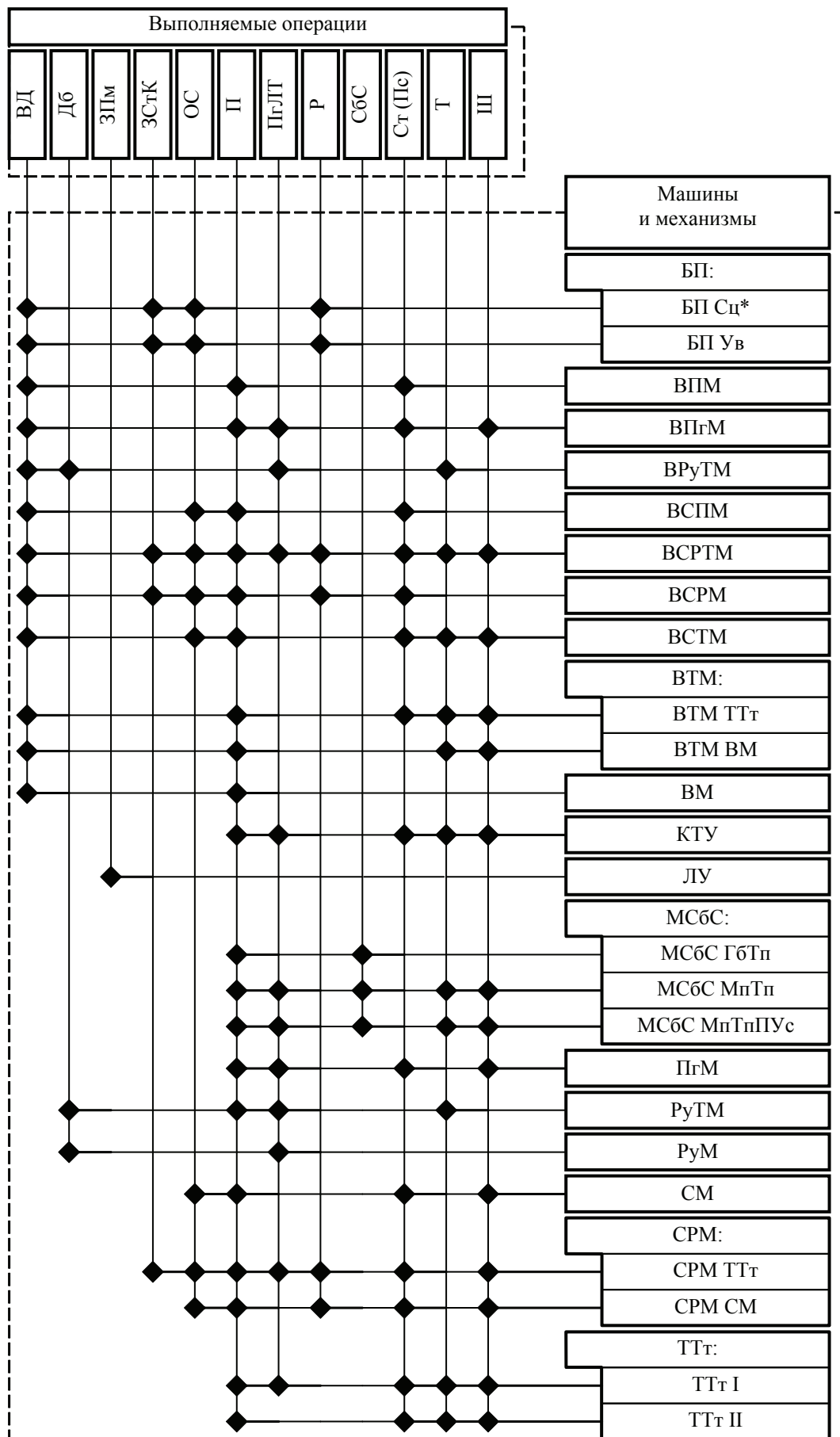


Рис. 3. Классификация лесосечных машин и механизмов по виду выполняемых операций



Рис. 4. Природно-производственные условия

На рис. 3 приняты следующие сокращения: ВД – валка деревьев; Дб – дробление; ЗПм – заготовка пиломатериалов; ЗСтК – заготовка сортиментов с кроной; ОС – обрезка сучьев; П – пакетирование; ПгЛТ – погрузка на лесовозный транспорт; Р – раскряжевка; СбС – сбор сучьев; Ст (Пс) – сортировка (подсортировка); Т – трелевка; Ш – штабелевка. Машины и механизмы: БП – бензопилы; БП Сц – бензопилы специализированные; БП Ув – бензопилы универсальные; ВПМ – валочно-пакетирующие машины; ВПгМ – валочно-погрузочные машины; ВРуТМ – валочно-рубильно-трелевочные машины; ВСПМ – валочно-сучкорезно-пакетирующие машины; ВСРТМ – валочно-сучкорезно-раскряжевно-пакетирующе-трелевочные машины (форвестеры); ВСРМ – валочно-сучкорезно-раскряжевные машины (харвестеры); ВСТМ – валочно-сучкорезно-трелевочные машины; ВТМ – валочно-трелевочные машины; ВТМ ТТт – валочно-трелевочные машины на базе трелевочного трактора; ВТМ ВМ – валочно-трелевочные машины на базе валочной машины; ВМ – валочные машины; КТУ – канатно-трелевочные установки; ЛУ – лесопильные установки; МСбС – машины для сбора сучьев; МСбС ГбТп – машины для сбора сучьев грабельного типа; МСбС МпТп – машины для сбора сучьев манипуляторного типа; МСбС МпТпПус – машины для сбора сучьев манипуляторного типа с пакетировочным устройством и технологическим

оборудованием для трелевки пакетов сучьев; ПгМ – погрузочные машины; РуТМ – рубильно-трелевочные машины; РуМ – рубильные машины; СМ – сучкорезные машины; СРМ – сучкорезно-раскряжевные машины (процессоры); СРМ ТТт – процессоры на базе трелевочного трактора; СРМ СМ – процессоры на базе сучкорезной машины; ТТт – трелевочные трактора; ТТт I – трелевочные трактора: манипуляторного типа с погрузочной площадкой (форвардеры); с канатно-чокерным оборудованием и погрузочным устройством; ТТт II – трелевочные трактора остальные: с канатно-чокерным оборудованием; манипуляторного типа с кониковым зажимным устройством; с пачковым захватом.

* БП Сц может выполнять в данный момент либо валку, либо обрезку сучьев и/или раскряжевку и/или выпиливать сортименты с кроной. Это вызвано их конструктивной особенностью (необходимостью переналадки по сравнению с БП Ув).

Библиографический список

1. Кочегаров, В.Г. Технология и машины лесосечных работ: Учебник для вузов / В.Г. Кочегаров, Ю.А. Бит, В.Н. Меньшиков – М.: Лесная пром-сть, 1990. – 392 с.
2. Машины для лесосечных работ: Учебник для профтехобразования / Н.Н. Горбачев, В.П. Ермолев, В.Е. Королев и др.; под общей редакцией В.П. Ермолева – М.: Лесная пром-сть, 1988. – 240 с.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ЛЕСНОГО СНЕЖНОГО ПОКРОВА

М.В. САВСЮК, *асп. каф. транспорта и дорожного стр-ва УГЛТУ,*

И.Н. КРУЧЕНИН, *доц. каф. транспорта и дорожного стр-ва УГЛТУ, канд. техн. наук,*

С.И. БУЛДАКОВ, *проф. каф. транспорта и дорожного стр-ва УГЛТУ, канд. техн. наук*

Эффективное использование лесотранспортной машины (ЛТМ) в зимний период чаще всего ограничено потерей опорной проходимости по глубокому снежному покрову при перемещении ее по лесосеке. При этом проходимость любой ЛТМ определяется параметрами опорной поверхности, т.е. физико-механическими свойствами снежного покрова. Недостаточная изученность лесных транспортных путей в зимнее время создает трудности при прогнозировании возможности проходимости ЛТМ, рациональном выбо-

ре направления путей перемещения и технологических операций.

Существующие методы определения несущих свойств опорной поверхности основаны на однократном вдавлении штампов с плоской или цилиндрической поверхностью. Однако перемещение ЛТМ сопровождается многократным нагружением снежного покрова, осыпанием и выдавливанием снега на дно колеи, что приводит в конечном итоге к погрешности оценки проходимости штамповыми методами.

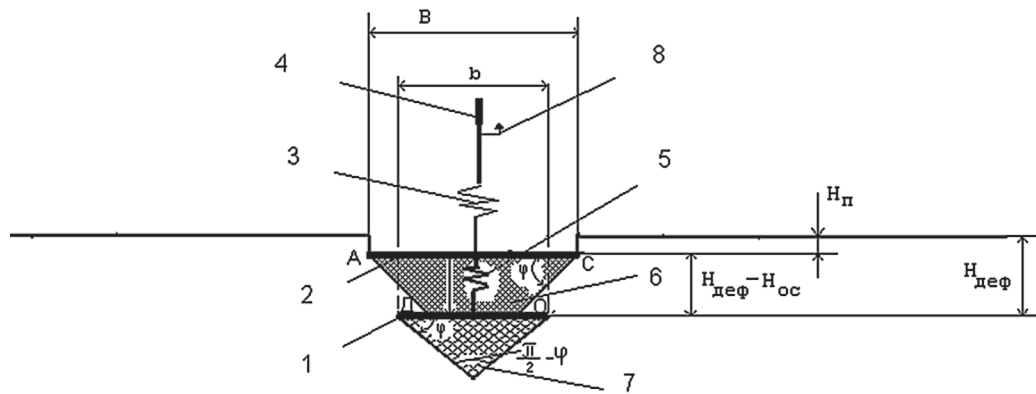


Рис. 1. Схема взаимодействия универсального штампа со снежным покровом: B, b – ширины верхнего и нижнего штампа соответственно; $H_{п}$ – глубина осадки верхнего штампа; $H_{деф}$ – толщина осыпавшегося и выдавленного слоя снега верхним штампом « B »; φ – угол внутреннего трения снега; $H_{ос}$ – вертикальная деформация выдавленного снега

Т а б л и ц а

Характеристика опорной поверхности

Послойная плотность, г/см ³	Тип опорной поверхности	
	Участок № 1 Лесной снежный покров глубиной 0,6 м	Участок № 2 Снежная целина, глубина снежного покрова 0,4 м
0–10	0,26	0,23
10–20	0,27	0,29
20–32	0,32	0,31
32–40	0,33	0,34
40–52	0,35	–
52–60	0,36	–
Связность, МПа	0,001–0,002	0,001–0,004
Коэффициент внутреннего трения, $tg\varphi_{02}$	0,25–0,30	0,27–0,35
Твердость, МПа	0,0015–0,0096	0,0017–0,0115
Тип снега	Фрикционно-связной	Фрикционный
Вид	Перекристаллизованный	Перекристаллизованный
Действующий коэффициент жесткости снега, кН/м ³	125	201
Допустимое нормальное давление, кПа	30	38

Для получения более достоверного режима нагружения снежного покрова было разработано устройство – универсальный штамп [1], состоящее из двух круглых разновеликих штампов, нижнего и верхнего, объединенных упругим элементом. Причем размеры нижнего, верхнего и расстояния между ними выбраны с учетом угла внутреннего трения, угла естественного откоса снега и формы образующегося ядра уплотнения.

Устройство работает следующим образом. При приложении внешней нагрузки через рукоятку 4 (рис. 1) штамп 1 вводится в снежный покров, образуя ядро

уплотнения 7. При этом внешняя нагрузка передается через упругий элемент 3 и 6. Их параметры и размеры штампов 1 и 2 подобраны таким образом, чтобы развиваемое ими давление соответствовало нормальному давлению под ходовой частью ЛТМ и составляло 25÷40 кПа. По мере погружения штампа 1 в образовавшееся пространство происходит осыпание снега под углом φ . За счет штампа 2, имеющего больший размер, происходит деформация $H_{деф}$ дополнительного объема снега, причем образовавшийся новый конус уплотнения 5 не выйдет за пределы первого ядра уплотнения.

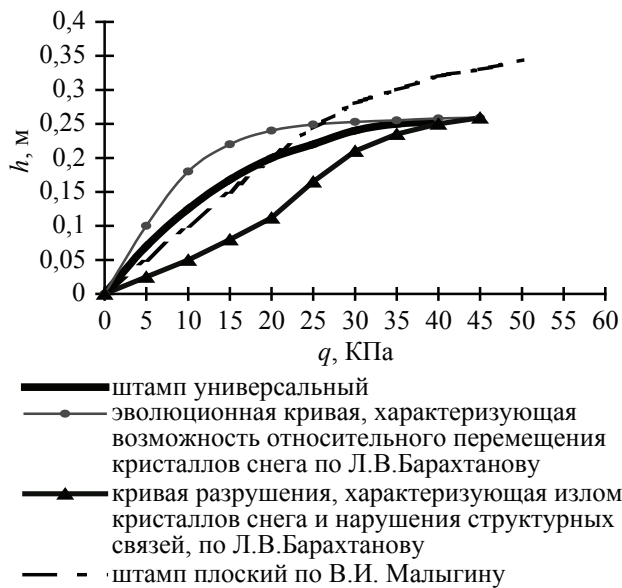


Рис. 2. Зависимости деформации снежного покрова глубиной 0,6 м при различных режимах нагружения

Несущая способность снежного покрова, а вместе с ней и оценка проходимости ЛТМ находится в зависимости от суммарной глубины погружения штампов. Так как упругие элементы соединены последовательно, а жесткость элемента 3 больше жесткости элемента 6, то величина погружения в относительных единицах отобразится на шкале 8, закрепленной на рукояти 4. Данное предположение основывается на том, что максимальное нормальное давление от штампа «В» не превысит максимального давления от штампа «b», т.е. $q_b \geq q_B$, а соотношение размеров верхнего и нижнего штампа лежат в диапазоне $B/b = 1,2 \div 2,0$.

На рис. 2. представлены результаты испытания универсального штампа в сравнении с данными, полученными рядом исследователей [2]. Анализ показал, что характер деформации снежного покрова глубиной 0,6 м универсальным штампом занимает промежуточное положение между предельными значениями различных видов нагружения и, по мнению авторов, более предпочтителен, т.к. более соответствует реальному режиму

нагружения снежного покрова при проходе ЛТМ.

В таблице приведены экспериментальные значения определения параметров снежного покрова с применением универсального штампа. Испытания проводились при температуре снега $t_{сн} = -7^\circ\text{C}$.

По результатам вдавливания определяется действующее значение коэффициента жесткости снега, несущая способность снежного покрова, а вместе с ней и оценка проходимости ЛТМ.

В результате исследования было определено, что действующий коэффициент жесткости снега полностью определяет параметры несущей способности снежного покрова, при этом необходимость в определении всех параметров снега отпала. Задавшись возможной деформацией снежного покрытия и зная допустимое нормальное давление от ЛТМ, мы отградуировали шкалу прибора в соответствующих единицах.

Предлагаемая конструкция позволяет моделировать многократное нагружение снежного покрова с учетом осыпания его на дно колеи, изменение несущей способности в зависимости от глубины погружения и формирования ядра уплотнения, а также учитывать различия в геометрических размерах ходовой части ЛТМ.

Полученная величина позволяет оценивать экспресс-методом проходимость ЛТМ в данных условиях эксплуатации и вырабатывать решения, связанные с рациональным формированием лесотранспортных путей.

Библиографический список

1. Устройство для определения несущей способности снежного покрова: Пат. 41150 Россия МПК⁷ G 01 N 1/20. ГОУВПО Уральский государственный лесотехнический университет, Кручинин И.Н., Булдаков С.И., Савсюк М.В. №2004113516/28; Заявл. 05.05.2004; Опубл. 10.10.2004. Рус.
2. Снегоходные машины. / Л.В. Барахтанов, В.И. Ершов, А.П. Куляшов, С.В. Рукавишников. – Горький: Волго-Вятское изд-во, 1986.

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ПЕРЕРАБОТКА НЕДРЕВЕСНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

А.В. ВУРАСКО, доц. каф. химии древесины и технол. ц/б производств УГЛТУ, канд. техн. наук,
 Б.Н. ДРИКЕР, проф. каф. общей и неорганической химии УГЛТУ, д-р техн. наук,
 А.Р. ГАЛИМОВА, асп. каф. химии древесины и технологии целл.-бум. производств

Наряду с древесиной хвойных и лиственных пород важным источником сырья для производства целлюлозы служат недревесные однолетние растения, в том числе и отходы сельского хозяйства (солома и шелуха риса, хлебных злаков, гречихи). Основными достоинствами подобного сырья является его ежегодная воспроизводимость и возможность переработки любыми способами делигнификации.

В данной работе показана возможность реализации ресурсосберегающего подхода переработки сельскохозяйственных отходов, в частности соломы риса и овса, с целью получения товарных продуктов.

Стандартная химическая переработка соломы предусматривает получение одного или, в лучшем случае, двух ценных продуктов с высоким выходом, пренебрегая остальными компонентами сырья. Однако из данного вида сырья можно получить ценные продукты как органического (восковая фракция, водорастворимая фракция, волокнистый продукт), так и неорганического (диоксид кремния) происхождения.

Все сказанное выше свидетельствует об актуальности исследований по разработке

современных технологий, обеспечивающих комплексное использование отходов однолетних растений как сырьевого материала для целлюлозно-бумажной и химической промышленности.

Предлагаемое решение заключается в последовательном постадийном извлечении компонентов из соломы риса и овса. Схема переработки представлена на рис. 1.

В качестве объектов исследования использовалась солома риса и овса, существенно отличающаяся от других злаковых культур по химическому составу. Данные представлены в табл. 1.

Одной из особенностей недревесного растительного сырья является наличие жировоскового слоя на внешней и внутренней поверхности соломины (рис. 2), обладающего гидрофобными свойствами и выполняющего защитную функцию. Наличие гидрофобного слоя препятствует проникновению химических агентов внутрь лигноуглеводной матрицы и затрудняет извлечение прочих компонентов. Для удаления жировосковой фракции используют различные органические растворители, (этиловый эфир, этанол, бензол и т.д.).

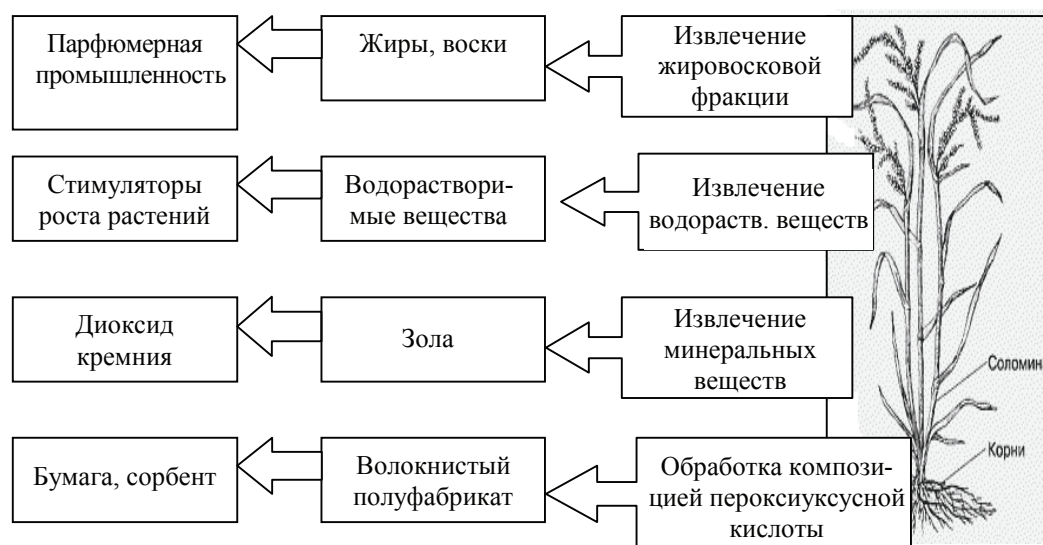


Рис. 1. Принципиальная схема ресурсосберегающей переработки соломы риса

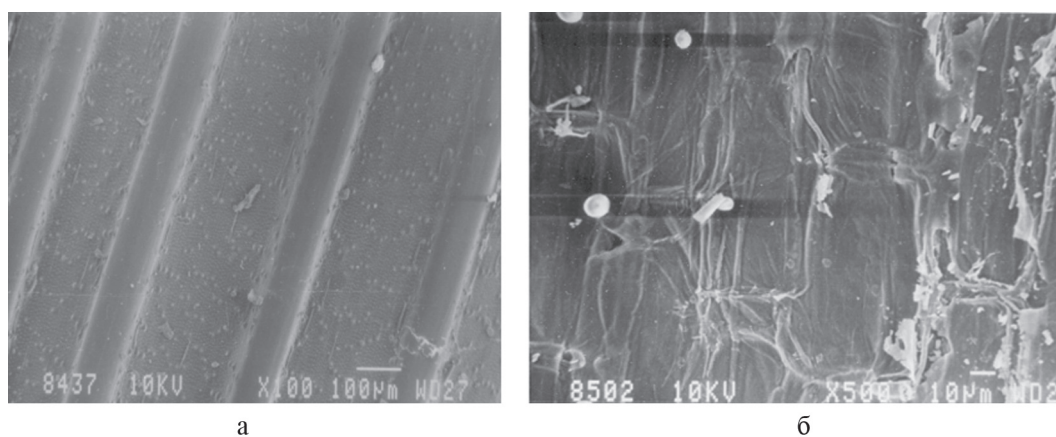


Рис. 2. Соломина риса с внешней (Ч 100) (а) и с внутренней (Ч 500) (б) сторон

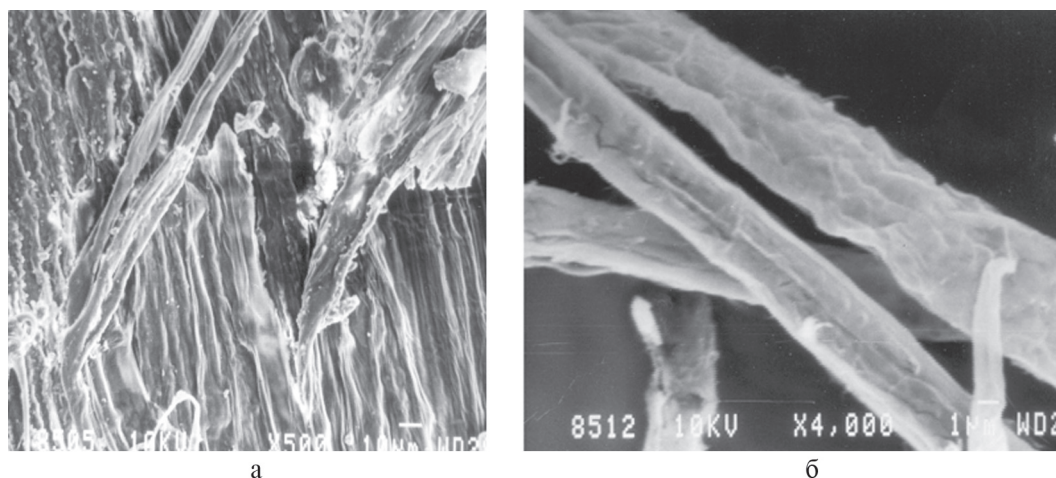


Рис. 3. Микрофотография волокнистого материала после извлечения минеральной части из соломы риса (Ч500) (а); (Ч4000) (б)

Т а б л и ц а 1

Содержание основных компонентов в недревесном растительном сырье

Компоненты	Содержание компонентов в соломе, %	
	риса	овса
Целлюлоза (по Кюшнеру)	43,6	47,0
Лигнин (по Классону)	22,3	18,0
Экстрактивные вещества:		
– в спиртобензольной смеси	5,1	12,5
– в воде	3,67	4,04
Зола	13,7	3,0

Восковую фракцию получали на I стадии экстракцией спиртобензольной смеси с выходом до 4,5 % от абсолютно сухого сырья (а.с.с.). После выделения жировосковой фракции извлекали водорастворимую путем горячей водной экстракции в присутствии 0,3 % солянокислого раствора, продолжительность экстракции 3 ч, полу-

ченный экстракт фильтровали, нейтрализовали, упаривали и сушили (стадия II). Водорастворимая фракция включает пектины, крахмал, красители, составляющие в совокупности 12 % от а.с.с.

Извлечение жировосковой и водорастворимой фракций создает условия для эффективного выделения диоксида кремния, поэтому его выделение протекает практически количественно, с полным извлечением всего зольного остатка. Аморфный диоксид кремния извлекают путем щелочной обработки (CNaOH = 40 г/л) на стадии III с последующим осаждением диоксида кремния соляной кислотой. Полупродукт после выделения минеральных компонентов представлен микрофотографией на рис. 3, на которой видно, что щелочная обработка приводит не только к выделению минеральных компонентов, но и к набуханию и разрыхлению структуры природного полимера, что, по нашему мнению,

является предпосылкой для более глубокого взаимодействия с компонентами варочного раствора на последующих стадиях и эффективной делигнификации.

Содержание компонентов в сырье до и после выделения всех перечисленных продуктов представлено на гистограммах (рис. 4, 5).

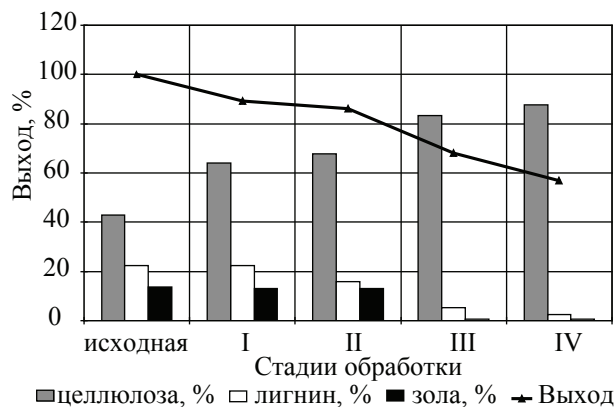


Рис. 4. Содержание основных компонентов по стадиям обработки (солома риса)

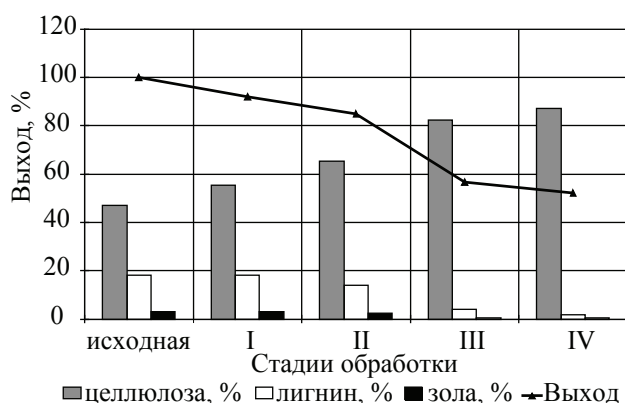


Рис. 5. Содержание основных компонентов по стадиям обработки (солома овса)

Анализ полученных данных показывает, что предварительное выделение нативных компонентов из соломы риса позволяет не только получить ценные продукты, но и обогатить сырье целлюлозой за счет снижения содержания лигнина и золы.

После выделения перечисленных компонентов основную ценность представляет лигноуглеводный комплекс, из которого получают на IV стадии целлюлозосодержащий волокнистый полуфабрикат окислительно-органосольвентным способом [1].

Окислительно-органосольвентные варки лигноуглеводного материала проводят

композицией, содержащей равновесную пероксиуксусную (рПУК), уксусную кислоты и пероксид водорода при оптимальных соотношениях [2]. Расход композиции (в пересчете на рПУК к а.с.с.) варьируют от 0,17–0,84 г на 1 г а.с.с. Проведенные исследования показывают, что оптимальным является расход композиции для соломы риса и овса 0,4 г/г а.с.с., дальнейшее увеличение расхода приводит к снижению выхода при неизменном содержании массовой доли лигнина.

С целью установления взаимосвязи между расходом пероксидных соединений и продолжительностью варки исследована кинетика окислительно-органосольвентного процесса. Данные представлены на рис. 6, на котором видно, что рПУК расходуется целенаправленно непосредственно на процесс делигнификации, практически полностью, связываясь с лигноуглеводным комплексом. Расход РПУК при варке недревесного растительного сырья описывается следующими уравнениями с коэффициентами аппроксимации 0,95–0,97

$$C_{\text{рис}} = 19,521e - 0,0253 \tau$$

$$C_{\text{овес}} = 21,027e - 0,0279 \tau$$

Удаление лигнина из отходов однолетних растений описывается уравнениями с коэффициентами аппроксимации 0,96...0,97

$$C_{\text{рис}} = -0,0358 \tau + 4,0525$$

$$C_{\text{овес}} = 2,3933e - 0,0141 \tau$$

где τ – продолжительность процесса, мин;
 C – концентрация рПУК в момент времени τ , %.

Для определения скорости расходования рПУК и удаления лигнина произведен расчет кинетики процесса окислительно-органосольвентных варок соломы. Данные представлены на рис. 7.

Процесс делигнификации и расходование варочного реагента описываются уравнением реакции I порядка:

$$K_p = (1 / \tau) \ln ((C_0 - C_p) / (C_\tau - C_p)),$$

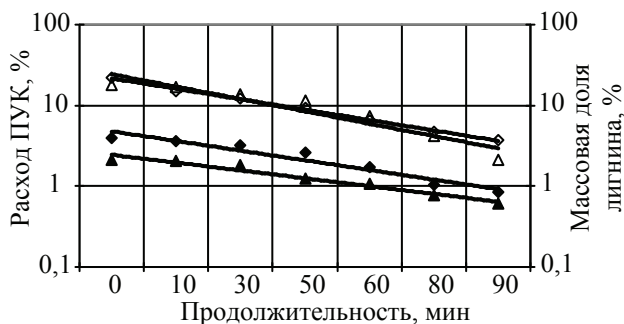
где K_p – константа скорости реакции, c^{-1} ;
 τ – продолжительность процесса, с;
 C_0 – концентрация рПУК с учетом термического разложения, моль/л;
 C_p – равновесная концентрация рПУК, моль/л;
 C_τ – концентрация рПУК в момент времени τ .

Физико-химические показатели целлюлозы из соломы риса

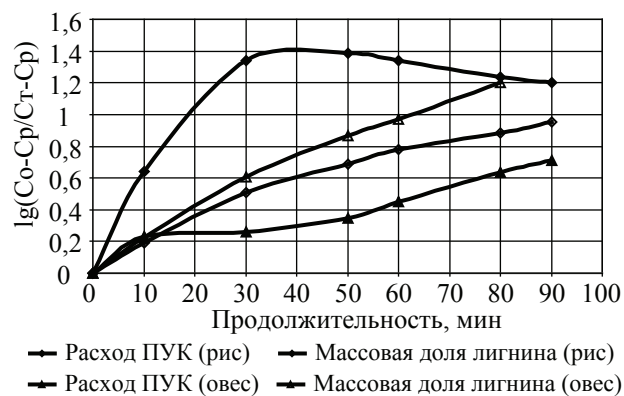
Показатели целлюлозы	Органосольventная целлюлоза		Относительная погрешность, %
	Солома риса	Солома овса	
Выход технической целлюлозы, %	87,7	87,3	1,0
Массовая доля в целлюлозе, %: – лигнина	2,5	2,09	1,0
– α-целлюлозы	83,5	77,6	2,0
– экстрактивных веществ	0,05	0,05	1,0
– золы	0,05	0,07	1,0

Физико-механические показатели целлюлозы

Показатель	Целлюлоза из соломы риса	Целлюлоза из соломы овса	По ГОСТ 14940
Масса бумаги площадью 1 м ² , г	76,7	75,3	75,0
Плотность г/см ³	0,65	0,91	–
Набухание, %	700,0	500	–
Разрывная длина, м	4200	8500	6300
Абсолютное сопротивление раздиранию, мН	160	160	330
Предел прочности при растяжении, МПа (кгс/мм ²)	30,0	80,0	–
Относительное сопротивление продавливанию, кПа	160	470	–
Капиллярная впитываемость воды, мм	25	12	–
Впитываемость при одностороннем смачивании, г/м ²	127	99	–
pH холодного экстрагирования водной вытяжки	6,65	6,98	5,5–7,0
Степень белизны, %	89,6	85,0	80,0



♦Расход ПУК (рис) ◊Массовая доля лигнина (рис)
▲Расход ПУК (овес) △Массовая доля лигнина (овес)
Рис. 6. Зависимость расхода рПУК и массовой доли лигнина от продолжительности варки в полулогарифмических координатах



— Расход ПУК (рис) — Массовая доля лигнина (рис)
— Расход ПУК (овес) — Массовая доля лигнина (овес)
Рис. 7. Зависимость $\lg(C_o - C_p / C_t - C_p)$ от продолжительности варки

Из данных, представленных на рис. 7, видно, что изменение концентрации рПУК при варке соломы риса характеризуется двумя константами скорости (КР): на первом этапе $6,8 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$, на втором – $3,8 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$. Очевидно, это обусловлено как снижением концентрации ПУК, так и содержанием лигнина в лигноуглеводной матрице. В то же время изменение концентрации лигнина в растворе происходит со скоростью, близкой к расходованию рПУК на первом этапе ($K_p = 2,2 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$).

При варке соломы овса изменение расхода варочного компонента представлено также двумя константами скорости: на начальном этапе $0,47 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$, на втором – $1,42 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$. Изменение концентрации лигнина в растворе происходит со скоростью, близкой к расходованию ПУК на двух этапах ($K_p = 2,5 \cdot 10^{-4}$).

По нашему мнению, это обусловлено тем, что в начальный период варки пероксисоединения практически полностью вступают во взаимодействие с лигноуглеводным комплексом с последующей фрагментацией макромолекул лигнина и перевода водорастворимых фрагментов в раствор.

При таких условиях делигнификации углеводный комплекс разрушается незначительно, что подтверждается данными, представленными в табл. 2.

Для оценки возможности дальнейшего использования полученной целлюлозы органосольвентным способом определены физико-механические показатели. Результаты физико-механических испытаний полученного волокнистого полуфабриката представлены в табл. 3.

Из представленных в табл. 2, 3 данных видно, что предлагаемая технология окислительно-органосольвентного способа варки позволяет получить целлюлозу, соответствующую по ряду показателей требованиям ГОСТ 14940 (Целлюлоза сульфатная беленая из лиственной древесины). Невысокий показатель сопротивления раздиранию является следствием пониженной прочности индивидуальных волокон в целлюлозной структуре соломы риса и овса. Высокие поверхностная и капиллярная впитываемость и набухание целлюлозы из соломы риса позволяют рас-

сматривать ее как перспективное сырье для использования в композиции бумаги-основы для санитарно-бытового и гигиенического назначения. Относительно высокие показатели разрушающего усилия, разрывной длины и относительного сопротивления продавливанию отливок целлюлозы из соломы овса являются предпосылками для изготовления из целлюлозы рисовальной обычной, писчей цветной и других видов бумаг.

Библиографический список

1. Вураско, А.В. Комплексная технология получения целлюлозных материалов из недревесного растительного сырья / А.В. Вураско, Б.Н. Дрикер, А.Р. Галимова и др. // IX международная научно-техническая конференция PAF-FOR «Актуальные проблемы и перспективы развития российской целлюлозно-бумажной промышленности». – Санкт-Петербург, 2006. – С.13–14.
2. Пат. 2179209 Российская Федерация. Способ делигнификации и отбеливания целлюлозных материалов МПК D21C9/16 / Мозырева Е.А.; заявитель УГЛТУ; патентообладатель Мозырева Е.А., Дрикер Б.Н., Киреева С.А. № 2001110266/12; заявл. 16.04. 01; опубл. 10.02.02, Бюл. № 4. – 4 с.

АНАЛИЗ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОИЗВОДСТВА СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ МЕТОДОМ ПОЛНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

В.Г. ЛИСИЕНКО, *проф. каф. автоматизации и управл. в технич. системах УГЛТУ, д-р. техн. наук,*
Т.С. КИРИЛЛОВА, *асп. каф. автоматизации и управления в технич. системах УГЛТУ,*
С.П. САННИКОВ, *доц. каф. автоматизации произв. процессов, канд. техн. наук,*
А.Я. АГЕЕВ, *проф. каф. химии древесины и технологии ц/б произ-ва УГЛТУ, д-р. техн. наук*

Целлюлозно-бумажная промышленность – отрасль лесопромышленного комплекса, отличающаяся значительным потреблением энергетических и сырьевых ресурсов, что обуславливает актуальность проблем энергосбережения в данной области. При решении задач энергосбережения важно определиться с теоретической основой, позволяющей на должном уровне своевременно решать возникающие практические задачи.

Целлюлоза является неотъемлемым сырьем для производства различных видов бумажной и картонной продукции, а ее энергоемкость в значительной степени определяет энергоемкость соответствующих видов продукции.

В основном методики оценки расходов ресурсов базируются на сравнении фактических и нормативных затрат по отдельным агрегатам и участкам производственного процесса либо на составлении балансов, потребляемых ресурсов (тепловой баланс, топливный баланс и пр.) [1]. Такие методы, как правило, не позволяют оценить в полной мере возможности энергосбережения, т.к. для объективной оценки энергосбережения в целом на предприятии недостаточно анализировать расходы энергоресурсов в отдельно взятом технологическом процессе или по отдельным энергоносителям. Наиболее точную оценку эффективности внедрения энергосберегающих мероприятий дает показатель, учи-

тывающий все особенности производства на протяжении всей технологической цепочки, начиная со стадии добычи и обработки первичного сырья и заканчивая стадией упаковки и транспортировки готового продукта.

С целью создания такого показателя энергоемкости была разработана методика полного энергетического анализа (ПЭА), использованная в данной работе для количественной оценки энергоемкости сульфатной целлюлозы. В основу методики ПЭА положен расчет технологических топливных чисел (ТТЧ) производства продукции, которые отражают объективные энергетические затраты технологического процесса на производство единицы продукции и являются показателями полной энергоемкости готовой продукции.

Технологическое топливное число – это суммарные затраты всех видов энергии в данном и во всех предшествующих переделах технологического процесса, пересчитанные на необходимое для их получения первичное топливо за вычетом ТТЧ параллельно полученных продуктов и первичного топлива, сэкономленного при использовании произведенных вторичных ресурсов, единицы измерения ТТЧ – кг условного топлива (кг у.т.) на единицу продукции [2].

Для расчета ТТЧ использовалась структурированная методика, в ходе которой все затраченные ресурсы подразделяются на четыре вида энергии:

- первичная энергия \mathcal{E}_1 (химическая энергия ископаемого первичного топлива с учетом затрат на его добычу, подготовку или обогащение, на транспортировку и т.п.);

- производная энергия \mathcal{E}_2 (энергия производных энергоносителей – электроэнергия, пар, сжатый воздух, кислород и т.п.);

- скрытая энергия \mathcal{E}_3 (энергия, израсходованная в предшествующих технологиях и учитываемая в скрытом виде (исходных материалах, оборудовании, капитальных сооружениях) на данном технологическом этапе производства с учетом соответствующих расходных коэффициентов);

- энергия вторичных ресурсов (ВЭР) \mathcal{E}_4 (энергия, которая складывается из фактически сэкономленных энергозатрат при использовании в данном или других производс-

твах тепловых, топливных, материальных и других ресурсов).

Согласно определению, ТТЧ находится как сумма всех видов энергий, используемых на данном этапе производства, и выражается

$$\text{ТТЧ} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 - \mathcal{E}_4.$$

Применение методики ПЭА при расчете энергоемкости производства сульфатной целлюлозы позволило выявить ряд особенностей данного технологического процесса, среди которых можно выделить:

- использование в качестве основного вида сырья древесины (щепы), которая является возобновляемым ресурсом, порой требующим человеческого вмешательства в процесс возобновления (эта особенность древесины рассмотрена в литературе [3], но в данном анализе не учитывалась);

- значительные резервы использования вторичных энергетических ресурсов (ВЭР), которые включают: полезное использование тепловой энергии, получаемой при сжигании отработанного щелока; химикаты, восстановленные в процессе регенерации и повторно используемые в основном технологическом процессе (производство целлюлозы).

При оценке энергоемкости производства целлюлозы методом расчета технологических топливных чисел (ТТЧ) продукции во внимание принимались расходы топливных, сырьевых, материальных и энергетических ресурсов на единицу продукции.

Все ресурсы, потребляемые при производстве целлюлозы, согласно методике сквозного энергетического анализа подразделялись на следующие формы энергии:

- производная энергия \mathcal{E}_2 (пар, электроэнергия, вода техническая);

- скрытая энергия \mathcal{E}_3 (древесное сырье, каустическая сода NaOH, сульфид натрия Na_2S , сульфат натрия Na_2SO_4 , негашеная известь);

- энергия вторичных ресурсов \mathcal{E}_4 (пар, электроэнергия, регенерированная известь).

Энергоемкость готового продукта (целлюлозы) рассчитывалась как сумма произведений ТТЧ соответствующего энергоносителя на расход этого энергоносителя [2] при производстве единицы продукции.

Энергоемкости химикатов

Химикат	Ед. изм.	Способ получения	Энергоемкость, кг у.т./ед. изм.
Каустическая сода	т	диафрагменный метод	1188,53
Каустическая сода	т	ртутный метод	990,77
Сульфат натрия	т	выпарка растворов	192,16
Сульфат натрия	т	ретурная сушка мирабилита	312,71
Сульфат натрия	т	безретурная сушка мирабилита	310,17
Сульфат натрия	т	высаливание мирабилита	514,74
Сульфид натрия	т	восстановление сульфата	1505,00
Соляная кислота (27,5 %-ая)	т	сульфатный способ	549,13
Соляная кислота (31 %-ая)	т	синтез из элементов	627,75
Аммиак	т	синтез из природного газа	2214,60
Кальцинированная сода	т	аммиачный метод	1016,55
Хлор	т	диафрагменный метод	1188,53
Хлор	т	ртутный метод	990,77
Диоксид хлора	т	метод Дея–Кестинга	25796,37
Диоксид хлора	т	ЛТИ ЦБП	6783,95

В процессе расчета энергоемкости небеленой целлюлозы с учетом полезного использования вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) из суммы затрат всех энергоносителей вычитались энергоресурсы восстановленные или получаемые как побочный продукт в технологическом процессе производства основного продукта.

Для расчета энергоемкости целлюлозы сделан ряд промежуточных расчетов, в результате которых вычислены энергоемкости основных химикатов и древесного сырья. ТТЧ древесного сырья рассчитано с учетом затрат, связанных с заготовкой древесины, доставкой ее на предприятие и измельчением в щепу (химическая энергия древесины при этом не учитывается). ТТЧ используемых химикатов рассчитано на основе литературных данных об удельных расходах соответствующих ресурсов на производство продукта (химиката) [4–6] и энергоемкости этих ресурсов. В табл. 1 приведены энергоемкости основных химикатов, используемых в технологическом процессе производства сульфатной целлюлозы. Из табл. 1 видно, насколько способ (технология) производства может влиять на величину энергоемкости получаемого продукта.

При расчете энергоемкости целлюлозы за удельные расходы принимались средние отраслевые значения расходов энергетичес-

ких и сырьевых ресурсов на единицу продукции (тонну целлюлозы по варке) [7].

Производство сульфатной целлюлозы рассматривалось в двух вариантах: производство целлюлозы, получаемой при первой варке (запуск производства), и производство целлюлозы, получаемой при последующих варках. Для расчета энергоемкости целлюлозы, получаемой при первой варке, весь технологический процесс условно был разделен на три операции: приготовление варочного раствора, производство целлюлозы (варка, промывка и сортировка) и регенерация химикатов (выпарка черного щелока, сжигание в СРКА и каустизация). При расчете энергоемкости последующих варок в расчет принимается технологический процесс, состоящий из двух операций: производство целлюлозы и регенерация химикатов.

Составление тепловых балансов варки целлюлозы и процесса регенерации показывает, что количества тепловой энергии, выделяемого при сжигании черного щелока в СРКА, в избытке достаточно для покрытия потребностей варочного цеха в тепловой и электрической энергии. Поэтому процесс регенерации в обоих вариантах рассчитан исходя из возврата в технологический процесс производства целлюлозы тепловой и электрической энергии в размере 90 % от затрат на варку соответствующего энергоресурса.

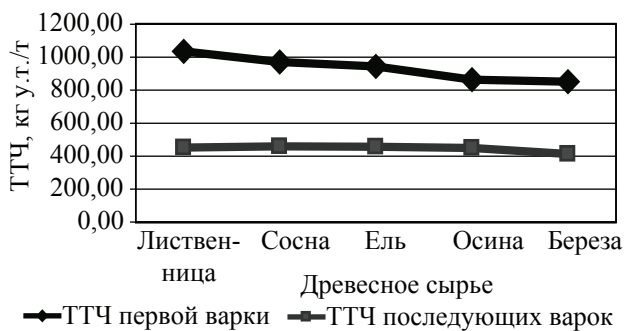


Рис. 1. График зависимости энергоёмкости целлюлозы (выход 48 %) от вида древесного сырья

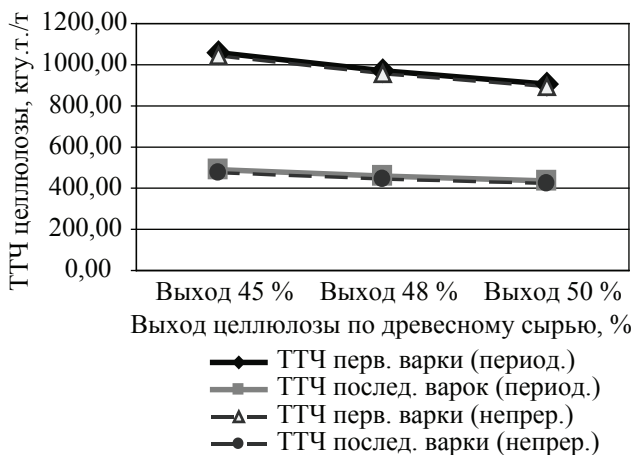


Рис. 2. График зависимости энергоёмкости целлюлозы от выхода по древесному сырью (назначению целлюлозы)

Оценка энергоёмкости производства целлюлозы методом ПЭА и анализ полученных результатов позволяют сделать выводы.

Энергоёмкость целлюлозы зависит от вида используемого древесного сырья. Так, например, энергоёмкость целлюлозы с выходом по древесному сырью 48 % в зависимости от вида используемой древесины принимает следующие значения (рис.1). Отличия в величине энергоёмкости (ТТЧ) производства целлюлозы обусловлены различным расходом химикатов на варку целлюлозы и процесс регенерации, расходом и энергоёмкостью древесного сырья и расходом тепла на процесс регенерации.

Анализ расчетов энергоёмкости целлюлозы, отличающейся выходом по древесному сырью (назначению целлюлозы), показывает закономерное уменьшение энергоёмкости с увеличением выхода целлюлозы (рис. 2), т.к. производство целлюлозы с меньшим выходом требует большего расхода химикатов на варку и более длительной обработки (что

соответственно увеличивает расход энергетических ресурсов на производство).

Способ варки также влияет на величину энергоёмкости целлюлозы. На рис.2 видно, варка целлюлозы в котлах непрерывного действия позволяет получить целлюлозу меньшей энергоёмкости по сравнению с целлюлозой, полученной в котлах периодического действия.

Анализ структуры ТТЧ производства целлюлозы позволяет сделать выводы об эффективности тех или иных мероприятий в области энергосбережения, что является одной из основных задач ПЭА. Так, из полученных результатов расчета энергоёмкости целлюлозы из сосны с выходом по древесному сырью 45 % (табл. 2) видно, что основной вклад в энергоёмкость целлюлозы вносят химикаты, используемые при получении варочного раствора и в процессе регенерации (64 %) и тепловая энергия (48 %), что дает возможность предварительной оценки эффективности мероприятий, связанных с энергосбережением того или иного ресурса.

Энергоёмкость варочного раствора составляет 54 % от энергоёмкости целлюлозы (первой варки), поэтому использование эффективных систем регенерации, позволяющих вернуть в технологический процесс не только основную (большую) часть используемых химикатов, но и получить при этом значительное количество тепловой энергии, значительно уменьшают энергоёмкость целлюлозы последующих варок.

Подводя итог проделанной работы, можно судить о факторах, влияющих на величину энергоёмкости производства целлюлозы, основные из которых представлены на рис. 3.

Исходя из представленной блок-схемы технологическое топливное число производства (показатель энергоёмкости) сульфатной целлюлозы зависит от:

- энергоёмкости сырьевых ресурсов, используемых в технологическом процессе (т.е. способа производства, материальных и энергетических затрат на производство того или иного ресурса);
- качества используемых сырьевых ресурсов;
- назначения целлюлозы (выход целлюлозы по древесному сырью);

Структура технологического топливного числа (ТТЧ) производства сульфатной целлюлозы (древесное сырье – сосна, выход по древесному сырью 48 %)

Форма э/з	Статья расхода	Ед. изм.	ТТЧ, кг у.т. / ед. изм	Удельный расход, ед. изм / т	Энергозатра- ты, кг у.т. / т	Доля от ТТЧ целлюлозы пер- вой варки, %
Расчет энергоемкости производства варочного раствора						
Э ₃	Каустическая сода	т	1188,53	0,339	402,91	38,05
	Сульфид натрия	т	1505,00	0,110	165,55	15,63
Сумма Э ₃					568,46	53,68
ТТЧ варочного раствора (ТТЧВР)					568,46	53,68
Расчет энергоемкости производства целлюлозы						
Э ₂	Тепловая энергия (пар)	Гкал	188,00	1,350	253,80	23,97
	Электроэнергия	МВт·ч	422,00	0,150	63,30	5,98
	Вода	1000 м ³	105,00	0,069	7,25	0,68
Сумма Э ₂					324,35	30,63
Э ₃	Древесное сырье	пл.м ³	23,77	5,000	118,85	11,22
Сумма Э ₃					118,85	11,22
ТТЧ варки целлюлозы (ТТЧЦ)					443,20	41,85
Расчет энергоемкости процесса регенерации щелока						
Э ₂	Тепловая энергия (пар)	Гкал	188,00	1,390	261,32	24,68
	Электроэнергия	МВт·ч	422,00	0,070	29,54	2,79
	Вода	1000 м ³	105,00	0,037	3,89	0,37
Сумма Э ₂					294,75	27,83
Э ₃	Сульфат натрия	т	310,17	0,095	29,47	2,78
	Известь	т	283,00	0,290	82,07	7,75
Сумма Э ₃					111,54	10,53
Э ₄	Тепловая энергия (пар)	Гкал	188,00	-1,215	-228,42	-21,57
	Электроэнергия	МВт·ч	422,00	-0,135	-56,97	-5,38
	Регенерированная известь	т	283,00	-0,260	-73,58	-6,95
Сумма Э ₄					-358,97	-33,90
ТТЧ процесса регенерации (ТТЧР)					47,31	4,47
ТТЧ первой варки (ТТЧВ.Р.+ ТТЧЦ+ ТТЧР)					1058,97	100
ТТЧ последующих варок (ТТЧЦ+ ТТЧР)					490,51	46,32



Рис. 3. Блок-схема основных факторов, влияющих на ТТЧ производства целлюлозы

– способа производства целлюлозы (периодическая, непрерывная варка);
 – эффективности процессов регенерации (восстановление химикатов, повторно используемых в основном технологическом процессе – химико-химическая регенерация – и утилизации тепла, получаемого при сжигании органической части черного щелока – химико-тепловая регенерация).

Таким образом, определение энергоемкости производства методом полного энергетического анализа позволяет ранжировать и объективно оценивать эффективность энергосберегающих мероприятий и позволяет теоретически обоснованно подойти к оценке энергоемкости готовой продукции.

Библиографический список

1. Методика разработки и анализа топливно-энергетических балансов предприятий ЦБП. – М.: Минлесбумпром СССР, 1983. – 95 с.
2. Лисиенко, В.Г. Хрестоматия энергосбережения: Справочник / В.Г. Лисиенко, Я.М. Щелоков, М.Г. Ладыгичев. – М.: Теплоэнергетик, 2002 – Т.1. – 688 с.
3. Лисиенко, В.Г. Особенности энерго-экологического анализа лесобработывающих производств / В.Г. Лисиенко // Энергоанализ и энергоэффективность, 2005. – № 4–5. – С. 77–80.
4. Позин, М.Е. Технология минеральных солей (удобрений, пестицидов, промышленных солей, окислов и кислот) 4-е изд. / М.Е. Позин. – Л.: Химия, 1974. – Т.1. – 792 с.
5. Шокин, И.Н. Производство кальцинированной соды и очищенного бикарбоната натрия / И.Н. Шокин, С.А. Крашенинников. – М.: Высшая школа, 1972. – 333 с.
6. Якименко, Л.М. Электрохимические процессы в химической промышленности: производство водорода, кислорода, хлора и щелочей / Л.М. Якименко. – М.: Химия, 1981. – 280 с.
7. Нормы технологического проектирования для предприятий целлюлозно-бумажной промышленности. – Л., 1963.

ОБЩИЙ ПОДХОД К РАСЧЕТУ НАПРЯЖЕННОГО ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО СЛОИСТОГО МАТЕРИАЛА «ФАНОТРЕН Б» С ЗАЩИТНЫМИ СВОЙСТВАМИ ОТ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Ю.И. ВЕТОШКИН, *проф. УГЛТУ, канд. техн. наук,*
 И.В. КОЦЮБА, *доц. УГЛТУ, канд. техн. наук,*
 И.В. ЯЦУН, *доц. УГЛТУ, канд. техн. наук,*
 С.А. ОДИНЦЕВА, *соискатель*

Резкое различие свойств массивной древесины в зависимости от направления волокон отрицательно влияет на возможности ее применения для разных целей. Поэтому одной из важнейших задач создания композиционного материала (конструкции фанеры Фанотрен Б) является создание материала с наибольшей равнопрочностью в направлениях плоскости листа. Листы фанеры должны обладать определенными физико-механическими свойствами и иметь плоские поверхности. Добиться этого можно, формируя листы фанеры по определенному принципу.

Основной принцип композиции фанеры – правило симметрии. С каждой стороны от центральной оси симметрии по толщине должно быть одинаковое число слоев шпона. Оси симметрии этих слоев должны находиться на одинаковом расстоянии от центральной

оси симметрии. Для того, чтобы наружные слои фанеры имели одинаковое направление волокон, число слоев ее обычно нечетное, т.е. 3, 5, 7 и т. д. Волокна древесины в двух смежных слоях при такой конструкции пакета располагаются под углом 90°.

Эти основные положения использованы при разработке конструкции композиционного материала. Схема набора пакета композиционного материала предложена на рис. 1.

Чаще всего детали, изготовленные из слоистого материала, работают в процессе эксплуатации на статический изгиб, сжатие и устойчивость, поэтому при определении прочностных показателей лучше всего рассматривать их поперечное сечение. Для этой цели целесообразно принять момент сопротивления сечения W , а для оценки жесткости и устойчивости – момент инерции сечения I .

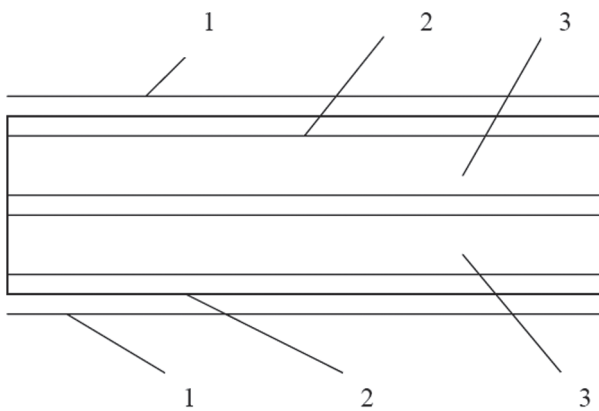


Рисунок. Схема конструкции композиционного материала «Фанотрен Б».

Момент инерции зависит от толщины шпона и от слойности материала.

Чтобы получить максимальную прочность, необходимо, чтобы в сечении слоистого материала изгиб под нагрузкой происходил в плоскости жесткости, т.е. относительно той оси, где момент инерции имеет минимальное значение.

Поэтому детали из фанеры одной толщины, но различной слойности будут иметь неодинаковую несущую способность. При этом коэффициенты анизотропии зависят только от слойности, т.е. от соотношения продольных и поперечных слоев шпона в листе материала.

С увеличением слойности коэффициент анизотропии уменьшается, т.е. равнопрочность фанеры увеличивается. Происходит это в результате уменьшения максимальной величины I и W вдоль волокон и увеличения минимальной величины I и W поперек волокон наружного слоя листа фанеры. I^{\parallel} и I^{\perp} при увеличении слойности листа фанеры асимптотически приближаются к некоторой средней величине. Можно исходить из того, что отношения моментов инерции и сопротивления плиты, изготовленной из однородного материала, к моментам инерции и сопротивления слоистой плиты той же толщины являются величинами, зависящими только от слойности. Поэтому может быть вычислен коэффициент слойности K_c , показывающий, насколько снижаются механические характеристики слоистой плиты по отношению к характеристикам однородной плиты той же толщины.

Расчеты коэффициентов слойности можно выполнить так:

$$K_{c_1} = \frac{I}{I^{\parallel}} = \frac{W}{W^{\parallel}} = \frac{n^3}{24A}, \quad (1)$$

$$K_{c_2} = \frac{I}{I^{\perp}} = \frac{n^3}{24B}, \quad (2)$$

$$K_{c_3} = \frac{W}{W^{\perp}} = \frac{n^2(n-2)}{24B}, \quad (3)$$

где $I = b(n\delta)^3 / 12$ – момент инерции сечения однородной плиты;

$W = b(n\delta)^2 / 6$ – момент сопротивления сечения однородной плиты;

W^{\perp} – момент сопротивления перпендикулярно волокнам наружного слоя шпона;

W^{\parallel} – момент сопротивления вдоль волокон наружного слоя шпона;

I^{\parallel} – момент инерции вдоль волокон наружного слоя шпона;

I^{\perp} – момент инерции перпендикулярно волокнам наружного слоя шпона;

A, B, B – величины, характеризующие закрепление детали;

b – ширина плиты;

n – количество слоев;

δ – толщина слоя шпона;

s – толщина плиты.

Добиться равнопрочности фанеры по моменту сопротивления и по моменту инерции одновременно не представляется возможным. Чтобы решить, какая равнопрочность необходима, нужно знать условия работы детали. Соотношение толщин выбирается из условия, чтобы $I^{\parallel} = I^{\perp}$ или $W^{\parallel} = W^{\perp}$.

Если принять, что опоры под лист расположены по его контуру, расстояние между ними, т.е. размеры листа в плите, могут быть выбраны так, чтобы изгибающие моменты, действующие вдоль и поперек наружного слоя, или жесткость листа в обоих направлениях были равны.

$$f_1 = f_2, \quad (4)$$

где f_1, f_2 – прогиб при изгибе листа вдоль и поперек волокон;

σ – напряжение, возникающее при изгибе листа вдоль и поперек волокон наружного слоя.

$$f_1 = \frac{Fl_1^3}{AI^{\parallel}E}; \quad f_2 = \frac{El_2^3}{AI^{\perp}E}, \quad (5)$$

Распределение статической нагрузки между слоями шпона

Рассматриваемый слой	Слойность фанеры									
	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21
	Часть нагрузки, приходящейся на данный слой, %									
1	100	100	90	80	71	64	58	53	49	45
2			10	20	26	29	30	30	30	29
3					3	7	9	13	15	16
4							3	4	6	8
5										2

где F – действующая нагрузка;

l_1, l_2 – длина и ширина листа;

A – величина, характеризующая закрепление детали;

E – модуль упругости материала.

$$\sigma_1 = \frac{M_1}{W^H} = \frac{BF l_1}{W^H}; \quad \sigma_2 = \frac{BF l_2}{W^H}; \quad (6)$$

Из условия формул (4) и (6) следует

$$l_1 = l_2 \sqrt[3]{\frac{I^H}{I^L}} = l_2 \sqrt[3]{K_w}, \quad (7)$$

$$l_1 = l_2 \frac{W^H}{W^L} = l_2 K_w. \quad (8)$$

Приведенный расчет носит общий характер, т.к. не может учесть всех комбинаций закрепления и нагружения детали. Применение такого способа наиболее целесообразно, т.к. прочность листа не снижается и не меняется.

Поскольку лист фанеры – конструкция многослойная, интересно определить закон распределения статической нагрузки между отдельными слоями шпона.

Как видно из таблицы, наружный слой шпона несет основную часть нагрузки, шпон средних слоев практически является наполнителем. С этой целью в конструкции композиционного материала использованы два слоя связующего и три слоя лущеного шпона, что также усиливает прочностные свойства предлагаемого композиционного материала.

Прирубленные куски шпона размером 150 Ч 150 мм собирались в пакет согласно схеме (рисунок). Между слоями шпона укладывается синтепон, пропитанный рентгенопоглощающим наполнителем, являющимся защитным слоем. В качестве связующего используется клей на основе ПВА.

Подготовленный таким образом пакет закладывался в исполнительный пресс и про-

водилась его запрессовка. Затем полученные образцы композиционного материала «Фанотрен Б» испытывались на физико-механические и защитные свойства.

Для отработки рациональных режимов при создании конструкций материала «Фанотрен Б» и пропиточного состава проведены экспериментальные работы, которые позволили сделать следующие выводы.

В исследуемом диапазоне влияния переменных факторов на показатель прочности на скалывание по клеевому слою положительно влияет вязкость клеевого раствора, в котором наполнителем служит рентгенопоглощающий материал, увеличение содержания которого повышает прочностные показатели материала. Это говорит о повышенной концентрации вяжущих частиц в клеевом слое с наполнителем, что позволяет получить более равнодисперсный клеевой слой, нивелирующий внутренние напряжения, не ослабляя адгезионных свойств.

Известно, что наполнитель (разного вида) в известных пределах повышает прочностные показатели клеевых соединений, в том числе и с увеличением толщины клеевого слоя. Роль клеевых слоев в конструкции композиционного материала выполняет синтепон, содержащий клеевой раствор с наполнителем, выравнивающий внутренние напряжения в нем.

Значительного эффекта от времени перемешивания клеевой концентрации при проведенных исследованиях не обнаружено, хотя дисперсность композиции получается более однородная, с ней лучше технически выполнять опыты и она положительно сказывается на защитных свойствах полученного материала.

Увеличение количества наполнителя в клеевом слое значительно улучшает защитные свойства композиционного материала.

Толщина клеевой прослойки в композиционном материале и увеличение содержания рентгенопоглощающего наполнителя оказывают положительное влияние на защитные свойства композиционного материала.

Коэффициенты анизотропии слоистой клееной древесины являются функцией количества слоев и не зависят от толщины слоев, составляющих сечение. Для фанеры любой слойности может быть определен коэффициент слойности K_s , показывающий, как уменьшаются I и W сечения слоистой плиты по отношению к I и W плиты той же толщины, изготовленной из однородного материала. Увеличение слойности фанеры, а также при-

менение для наружных слоев более тонкого шпона снижают максимальную прочность и жесткость листа.

Нецелесообразно использовать на средние слои такой высококачественный материал, как шпон, а лучше сформировать их из более дешевого материала, получаемого из отходов фанерного производства, например из стружки или другого материала.

Библиографический список

1. Куликов, В.А. Производство фанеры / В.А. Куликов. – М.: Лесная пром-сть, 1976. – 365 с.
2. Михайлов, А.Н. Процессы, протекающие при склеивании / А.Н. Михайлов. – Л.: Лесная пром-сть, 1965. – 250 с.
3. Плавник, Б.Э. О выборе рациональной конструкции слоистой клееной древесины / Б.Э. Плавник. // Деревообрабатывающая промышленность – 1977. – № 4 – С.48–50

ПОЛУЧЕНИЕ МАЛОТОКСИЧНЫХ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННЫХ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ

О.М. ПОДКОВЫРКИНА, *ст. преп. каф. общей и неорганической химии УГЛТУ,*

Л.В. ДЕМИДОВА, *доц. каф. общей и неорганической химии УГЛТУ,*

В.Г. БУРЫНДИН, *проф. каф. технол. переработки пластических масс УГЛТУ, д-р техн. наук,*

Б.П. СЕРЕДА, *проф. каф. общей и неорганической химии УГЛТУ, д-р техн. наук*

Народнохозяйственное значение комплексной переработки и комплексного использования древесного сырья определяется не только экономическими интересами, но и значением лесов в охране окружающей среды. В настоящее время человечество вступило в такой период, когда природные ресурсы существенно ограничены. Имеет место быстрое истощение наиболее доступных видов сырьевых ресурсов для производства необходимых человечеству материалов и изделий из них. Объемы их потребления и производства продолжают расти. Необходимы мероприятия, направленные на эквивалентную замену дефицитных материалов, либо на внедрение в производства новых технологий. Совершенствование методов использования древесины осуществляется в двух направлениях: увеличение полезного выхода изделий из древесного сырья и промышленной переработки отходов для получения новых материалов и продуктов.

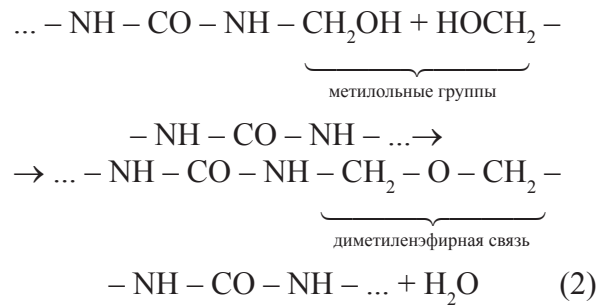
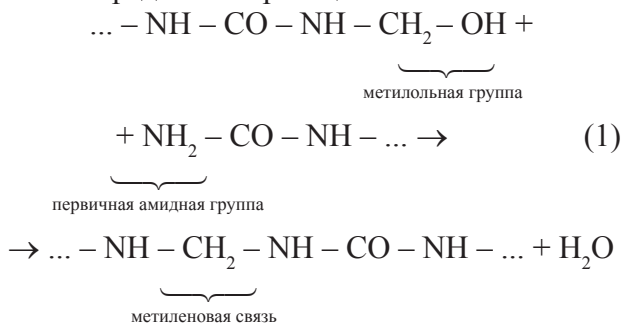
Один из видов древесных отходов – щеп, образующаяся во время древесных рубок. Ее измельчают, и полученную стружку используют в производстве древесностружечных плит (ДССтП). Получение ДССтП немислимо представить без использования синтетических связующих (около 90 % данных связующих составляют карбамидоформальдегидные смолы).

В процессах изготовления, хранения и эксплуатации ДССтП и изделий из них выделяются различные вредные химические вещества: альдегиды (в основном формальдегид), фенолы, спирты, аммиак, кислоты и др. С санитарно-гигиенической точки зрения для людей наибольшую опасность представляет формальдегид (2-ой класс – вещества высокоопасные). В России в соответствии с СН 245-71 приняты следующие нормы предельно допустимых концентраций (ПДК) формальдегида: в атмосферном воздухе населенных пунктов

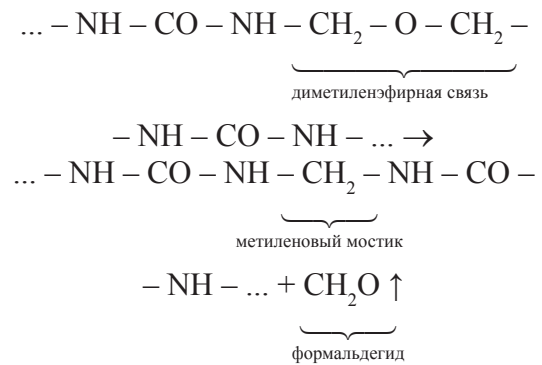
– 0,035 мг/м³, в воздухе жилых помещений содержание формальдегида не должно превышать 0,012 мг/м³, в воздухе производственных помещений – не более 0,5 мг/м³. Для того чтобы данные условия соблюдались, необходимы малотоксичные синтетические смолы либо их модификация специальными химическими добавками.

Многочисленными исследованиями установлено, что выделение формальдегида из древесностружечных плит обусловлено наличием «свободного» формальдегида или более точно, несвязанного в отвержденной смоле формальдегида, возникающего в результате равновесной реакции в ходе процесса отверждения. Выделение формальдегида начинается непосредственно после транспортировки изделий из горячего пресса [1]. Однако в готовых древесностружечных плитах и изделиях из них остается достаточное количество формальдегида, который продолжает выделяться. Поэтому стоит задача связать «свободный» формальдегид, что повлечет за собой снижение выделения его из плит и изделий изготовленных из них.

Наиболее существенным источником выделения формальдегида из изделий является сама смола. В процессе отверждения при повышенной температуре происходит переход карбамидоформальдегидных смол из начального в неплавкое и нерастворимое состояние, являющееся результатом образования пространственной структуры и сопровождающееся (при общей кислой реакции катализа) уменьшением содержания в смоле метилольных групп за счет их взаимодействия как с активными атомами водорода амино- и иминогрупп, так и с метилольными группами соседних цепей с образованием метиленовых (1) и диметиленэфирных (2) связей с выделением воды. Эти процессы можно представить реакциями:



При дальнейшем нагревании метилэфирные связи разрушаются с выделением формальдегида и образованием метиленовых мостиков:

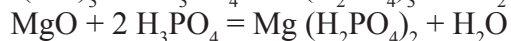
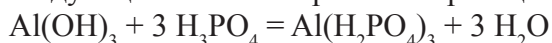


Снижение выделения формальдегида из ДСтП добиваются различными способами: уменьшением мольного соотношения формальдегида и карбамида в готовой смоле; введением в синтетические смолы специальных химических добавок в процессе синтеза либо в готовую смолу. В качестве специальных химических добавок или модификаторов КФС применяют амины, фенол, лигнин, неорганические электролиты и др. [2].

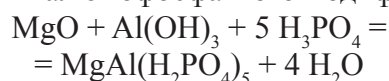
В настоящей работе проведено исследование возможности применения в качестве модификаторов КФС неорганических электролитов, в частности кислых ортофосфатов и борсодержащих фосфатов алюминия, магния и хрома.

Неорганические электролиты на основе ортофосфатов металлов готовились растворением соответствующих оксидов, гидроксидов в ортофосфорной кислоте или смеси ортофосфорной и ортоборной кислот. В качестве объектов исследования использовались алюмохромфосфатный (АХФМ), магнийалюмофосфатный (МАФМ), алюмоборфосфатный (АВФМ), магнийалюмоборфосфатный (МАВФМ) модификаторы с различными мольными соотношениями. Синтез их осуществлялся путем нагревания и раство-

рения исходных реактивов в лабораторном реакторе с принудительным перемешиванием, выполненном в виде фарфорового стакана, на поверхности которого имелся электрический нагреватель и теплоизоляционная обмазка. Реактор плотно закрывался крышкой с пропущенными через нее контактными термометром и механической мешалкой. Температура смеси в реакторе задавалась по контактному термометру и поддерживалась автоматически. При синтезе бесхромовых неорганических электролитов исходные компоненты дозировались на получение монозамещенных ортофосфатов. Количество реагентов для получения кислых ортофосфатов рассчитывали из следующих стехиометрических реакций:

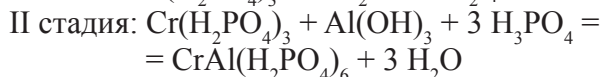
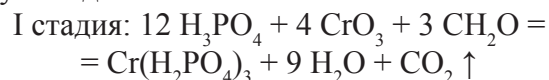


или совместной реакции для получения магнийалюмофосфатного модификатора:



Ортоборная кислота в борсодержащих кислых фосфатах вводилась из расчета молярного соотношения $\text{P}_2\text{O}_5 : \text{B}_2\text{O}_3$ в пределах 8–15,7.

При синтезе хром(III)-содержащих модификаторов в качестве хромового сырья использовался оксид хрома(VI) – хромовый ангидрид, а в качестве восстановителя – формальдегид. Количество восстановителя и исходных веществ рассчитывали исходя из следующей химической реакции, состоящей из двух стадий:



Окончание процесса восстановления шестивалентного хрома контролировали индикатором дифенилкарбазидом. Порядок подачи реагентов и условие ведения процесса обеспечили высокую устойчивость получаемых неорганических электролитов при хранении и разбавлении.

У синтезированных неорганических электролитов были определены следующие показатели: pH, плотность (пикнометрическим методом), содержание сухого остатка и условная вязкость – по ВЗ–246 диаметр 4 мм.

Плотность варьируется от 1,57 до 1,60 г/см³; условная вязкость – от 18,8 до 37,3 с; pH – от 0,5 до 1,4; содержание сухого остатка составило 51,8–61,6 %.

В ходе исследований было установлено, что смола и кислые ортофосфаты хорошо совместимы друг с другом в количестве от 0,5 до 13,5 % (в расчете на сухие вещества). Так же был определен важный показатель для процесса прессования – жизнеспособность смолы при 100 °С. Данный показатель снижался с 130 до 0 с., жизнеспособность смолы при 20 °С уменьшалась с 30 ч до 3–4 мин.

Использование концентрированных магнийфосфатных и хромфосфатных модификаторов в процессе отверждения карбамидоформальдегидных смол сопровождается эффектами структурирования за счет возможного образования и водородных связей, и мостиковых координационных связей в неорганических полимерах, которыми являются исследуемые модификаторы.

Для синтезированных кислых фосфатов $\text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, $\text{Cr}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$ и $\text{MgCr}(\text{H}_2\text{PO}_4)_5$ в соответствии с методом, предложенным в работах [3, 4], были определены теплоты разбавления и на их основе теплоты образования.

Разбавление концентрированных модификаторов соответствовало условиям, в которых, с одной стороны, сохранялся дигидрофосфат – анион [5], а с другой стороны, учитывалось, содержание модификатора в древесной стружке.

Тепловые эффекты измеряли с помощью изотермического калориметра. Данные опытов обрабатывались с помощью компьютерной программы, которая определяла теплоту процесса по площади построенной зависимости температура – функция во времени $T = f(\tau)$ и сравнивала с калибровочным значением эффекта растворения KCl (табл. 1, 2).

В соответствии с полученными данными все процессы характеризовались экзотермическими эффектами. Влияние природы иона, по-видимому, связано с комплексообразующей способностью Cr^{3+} , что проявляется в упрочнении связей для соответствующих хромфосфатных и магнийхромфосфатных модификаторов по сравнению с магнийфосфатным модификатором.

Т а б л и ц а 1

**Тепловой эффект разбавления
стехиометрических модификаторов**

$V_{H_2O} / V_{\text{модификатора}}$	– ΔН, кДж/кг		
	Модификатор		
	Mg(H ₂ PO ₄) ₂	Cr(H ₂ PO ₄) ₃	MgCr(H ₂ PO ₄) ₅
0,6	44	27	5
1	38	26	6
1,6	28	34	19
2	23	32	15

Т а б л и ц а 2

**Данные по составу и значениям ΔН^о_{f, 298}
стехиометрических магнийфосфатных,
хромфосфатных и магнийхромфосфатных
модификаторов**

Состав мономера	ω оксидов, %	ω (H ₃ PO ₄), %	ΔН, кДж/кг	ΔН, кДж/ N _{мономера}
Mg(H ₂ PO ₄) ₂	11,11	54,5	115	74,6
Cr(H ₂ PO ₄) ₃	18,21	53,2	210	178,3
MgCr(H ₂ PO ₄) ₅	11,99	51,7	186	168,1

Тепловые эффекты образования, полученные расчетом по закону Гесса, исходя из экспериментальных данных по теплотам разбавления и растворения оксидов с получением растворов, соответствующих $V_{H_2O} / V_{\text{модификатора}} = 2$, подтверждают предположение, что хромфосфатные модификаторы имеют наибольшую термодинамическую устойчивость.

Полученные данные об экзотермичности процесса и результаты физико-механических исследований [6] позволяют сделать вывод, что выделение тепла в процессе отверждения способствует более плотной упаковке в композите.

На основе полученных неорганических фосфорсодержащих электролитов, КФС и стружки были изготовлены образцы ДСтП. Стружку загружали в смеситель, и при перемешивании через форсунку распыляли модифицированное связующее. Формирование стружечного ковра проводили вручную в металлическую форму, затем осуществляли холодную подпрессовку. После подпрессовки форму удаляли, с двух противоположных сторон вплотную к ковра укладывали металлические планки ($S = 16$ мм), ограничивающие толщину плиты, ковер накрывали металли-

ческим листом и помещали пресс-пакет между горячими плитами пресса. Прессование проводили при температуре 175°С, удельном давлении 2,5 МПа и времени выдержки 6,5 мин. По окончании прессования готовые образцы не менее суток кондиционировали при комнатной температуре и проводили следующие физико-механические испытания: влажность (W), плотность (ρ), водопоглощение (ΔW_b), разбухание по толщине (ΔS) и предел прочности при изгибе ($\sigma_{изг}$).

Важным фактором в процессе отверждения смолы при изготовлении древесностружечных плит является показатель кислотности среды. У неорганических электролитов рН значительно ниже, чем рН 20 %-ного раствора хлористого аммония, применяемого в промышленности ($pH_{NH_4Cl} = 4,0$). Попытка увеличить рН за счет введения в неорганические электролиты карбамида в мольных соотношениях неорганический электролит: карбамид – 1 : 1, 1 : 0,5, 1 : 0,25, позволила повысить рН в 2–6 раз, но отрицательно сказалась на прочностных характеристиках плит, показатели которых существенно снизились.

Испытания образцов ДСтП проводили в соответствии с ГОСТ 10634–88 «Плиты древесностружечные. Методы определения физических свойств» (табл. 3).

Как видно из представленной табл. 3, наилучшие прочностные характеристики показали ДСтП с использованием в качестве модификатора смолы фосфатные электролиты, содержащие поливалентные металлы Al(III), Cr(III) и Mg(II), мольные соотношения которых составляют: для алюмохромфосфатного Al : Cr = 3 : 1, магнийалюмофосфатного Al : Mg = 3 : 1.

По литературным данным, скорость структурных изменений КФС в присутствии поливалентных металлов (в частности сульфата алюминия) в 1,2–1,8 раза больше, чем в присутствии хлористого аммония. Можно предположить, что ионы поливалентного металла выступают в роли структурообразователя для создания при отверждении оптимальной надмолекулярной структуры, что согласуется и с литературными данными и с данными, полученными экспериментальным путем и приведенными в табл. 3.

Физико-механические показатели древесностружечных плит, полученных на основе карбамидоформальдегидных смол и неорганических электролитов

Условное обозначение неорганического электролита	$\sigma_{изг.}^*$ МПа	W , %	ρ , кг/м ³	ΔW_b , %	ΔS , %	Выделение формальдегида по методу <i>WKI</i> , мг/100 г плиты
NH ₄ Cl (контроль)	15,9	5,0	644	84,8	21,3	36,7
АХФМ-I	16,6	4,1	645	78,8	24,1	16,7
АХФМ-II	15,8	4,0	698	90,5	36,5	48,6
АХФМ-III	15,5	5,3	716	80,2	34,7	44,2
АХФМ-IV	16,0	5,7	654	65,5	15,8	29,5
МАФМ-I	16,2	3,8	682	89,4	32,2	27,2
МАФМ-II	12,5	5,4	679	83,6	29,5	46,9
МАФМ-III	14,2	5,4	663	77,9	24,3	48,2
МАВФМ-I	11,5	5,7	648	94,1	30,8	33,5
МАВФМ-II	14,9	4,7	6,82	82,3	30,2	46,4
АВФМ	16,6	3,9	697	77,1	28,9	24,7

Также установлено, что на процесс выделения формальдегида из плит влияет мольный состав неорганического электролита, причем увеличение содержания хрома и магния в них увеличивает эмиссию формальдегида. Низкие показатели по эмиссии формальдегида получены для смол с использованием в качестве модификатора АХФМ-I с мольным соотношением Al : Cr = 3 : 1. Это связано с тем, что меньшая гидратная оболочка у иона Al³⁺, т.е. большая открытость ионов Al³⁺ способствует связыванию формальдегида.

Библиографический список

1. Эльберт, А.А. Химическая технология древесностружечных плит / А.А. Эльберт – М.: Лесная пром-сть, 1984. – 223 с.
2. Сычев, М.М. Неорганические клеи / М.М. Сычев. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Л.: Химия, 1986. – 153 с.
3. Тагер, А.А. Коллоидные жидкости / А.А. Тагер, Ж.С. Домбек. – М.: Химия, 1953. – с.69–80.
4. Тагер, А.А. Физикохимия полимеров / А.А. Тагер – М.: Химия, 1978.
5. Технология борных соединений / Е.Л. Рабова, Н.П. Суворова, Н.А. Берг. // Труды УрНИИХимии. – Свердловск, 1991. – Вып. 68. – С. 72–77.
6. Подковыркина, О.М. Синтез и изучение физико-химических свойств малотоксичных древесных прессовочных масс на основе карбамидоформальдегидных смол и кислых ортофосфатов алюминия, магния и хрома / О.М. Подковыркина, Б.П. Середина, В.Г. Бурындин // Экология и научно-технический прогресс: Материалы IV Межд. научно-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Пермь, 2005. – С. 72–74.

ЗАВИСИМОСТЬ ПЛОТНОСТИ СУСПЕНЗИИ ОТ ФАКТОРОВ КОММУТАЦИИ В ПИТАТЕЛЯХ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

В.П. СИВАКОВ, *проф. каф. машин и оборудования ц/б пром-сти УГЛТУ, д-р техн. наук*,
И.А. ПАРТИН, *ст. преподаватель каф. машин и оборудования целл.-бум. пром-сти УГЛТУ*,
А.И. ПАРТИН, *доц. каф. машин и оборудования целл.-бум. пром-сти УГЛТУ, канд. техн. наук*

Роторные питатели высокого давления (ПВД) установок непрерывной варки целлюлозы являются объемными гидравлическими машинами. Суспензия из щепы и щелочка совершает в питателе высокого давления два движения: поступательное относительно и вращательное вместе с ротором. Процесс перехода суспензии от одного вида движения к другому называют коммутацией. Коммутация происходит при быстром сообщении ка-

нала ротора с суспензией низкого давления с трубопроводом, заполненным суспензией высокого давления, а также при прохождении процесса в противоположном направлении. В момент сообщения канала ротора с суспензией низкого давления и трубопровода с суспензией высокого давления возникает большой (1,0–1,2 МПа) перепад давления. Перепад давления выравнивается за счет движения суспензии из трубопровода в канал

ротора. Суспензию из щепы и щелока нельзя рассматривать как идеальную жидкость. Колебания давления, действующего на герметизированный объем суспензии, приводят к ее объемному расширению – сжатию. Выравнивание давления из-за сжимаемости суспензии и большой скорости распространения волны сопровождается интенсивными пульсациями давления. Для обоснования конструктивных решений по снижению пульсации давления при коммутации произведено исследование изменения плотности суспензии при объемном сжатии. При моделировании условий работы питателя высокого давления установлено, что на изменение суспензии влияют следующие факторы: температура, предварительная пропарка щепы, продолжительность объемного сжатия, плотность технологической щепы, давление объемного сжатия, гидромодуль суспензии, породный состав древесного сырья, размеры пластин технологической щепы, наличие газов в суспензии и др. Для сокращения числа факторов произведена рандомизация и ограничения условий эксперимента.

Исследование изменения плотности при объемном сжатии суспензии производилось при варьировании трех основных факторов в следующих пределах: время, $Z_1 = 10 \div 20$ с; давление $Z_2 = 1 \div 1,2$ МПа; гидромодуль суспензии $m = 4,5 \div 7,7$, м³/кг.

Для измерения влияния факторов на изменение плотности суспензии при объемном сжатии разработан и изготовлен стенд.

Стенд состоит из цилиндрической емкости для суспензии, в котором сверху установлен поршень. Корпус цилиндра закреплен на фундаменте. Шток поршня через динамометр сжатия соединен с прессом. Пресс имеет гидравлическое и механическое нагружающие устройства. Для контроля изменения объема щепы в цилиндре в зависимости от давления и времени сжатия между корпусом цилиндра и нижней грузовой площадкой динамометра установлен индикаторный микрометр. Перед началом эксперимента выполнено две серии параллельных опытов в принятом диапазоне изменения параметров, на основании которых по критерию Кохрена установлена воспроизводимость эксперимента и однородность дисперсий.

Математическая модель трехфакторного эксперимента разрабатывалась в соответствии [1].

При расчетах центра плана эксперимента основной уровень Z_j^0 по оси J^0 фактора определялся по формуле

$$Z_j^0 = (Z_j^{\max} + Z_j^{\min}) / 2, \quad j=1, \dots, k, \quad (1)$$

где Z_j^{\max} , Z_j^{\min} – максимальный и минимальный уровни j -го фактора;

$k = 3$ – число факторов.

Интервалы варьирования факторов в эксперименте определялись по формуле

$$\Delta Z_j = (Z_j^{\max} - Z_j^{\min}) / 2, \quad j=1, \dots, k. \quad (2)$$

Переход к безразмерной системе координат производится по формуле

$$X_j^{\max \min} = (Z_j^{\max \min} - Z_j^0) / \Delta Z_j, \quad j=1, \dots, k. \quad (3)$$

Предельные значения варьируемых факторов в натуральных величинах (Z_j^{\max} , Z_j^{\min}), а также в величинах безразмерной системы координат (X_j^{\max} , X_j^{\min}) приведены в матрице планирования факторного эксперимента, табл. 1.

Расчетные значения функции отклика Y (изменения плотности суспензии при объемном сжатии, измеренном в процентах) также приведены в матрице планирования табл. 1

Используя свойства ортогональности матрицы планирования, математическое описание процесса определено в виде уравнения линейной регрессии

$$Y = 7,875 + 0,375X_1 + 0,625X_2 - 0,875X_3. \quad (4)$$

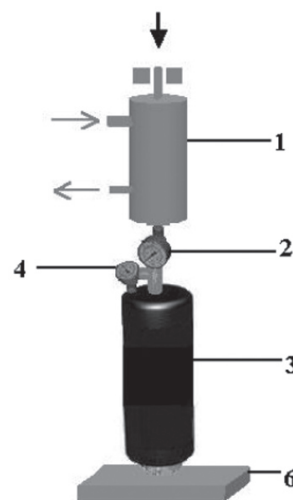


Рисунок. Стенд для измерения влияния факторов на изменение плотности суспензии при объемном сжатии: 1 – гидроцилиндр; 2 – динамометр; 3 – цилиндр; 4 – микрометрический индикатор; 5 – опора; 6 – станина.

Матрица планирования результатов эксперимента

№ эксперимента	X_0	X_1	X_2	X_3	$Z_1, \text{с}$	$Z_2, \text{МПа}$	$Z_3, \text{м}^3/\text{кг}$	$Y, \%$
1	1	-1	-1	-1	10	1,0	$4,5 \cdot 10^{-3}$	8
2	1	+1	-1	-1	20	1,0	$4,5 \cdot 10^{-3}$	8
3	1	-1	+1	-1	10	1,2	$4,5 \cdot 10^{-3}$	9
4	1	+1	+1	-1	20	1,2	$4,5 \cdot 10^{-3}$	10
5	1	-1	-1	+1	10	1,0	$7,7 \cdot 10^{-3}$	6
6	1	+1	-1	+1	20	1,0	$7,7 \cdot 10^{-3}$	7
7	1	-1	+1	+1	10	1,2	$7,7 \cdot 10^{-3}$	7
8	1	+1	+1	+1	20	1,2	$7,7 \cdot 10^{-3}$	8

Примечание: X_0 – фиктивная переменная

Расчетные и экспериментальные значения плотности суспензии, определенные по уравнению регрессии (4), методом крутого восхождения

Характеристика и номер опыта	Значения исходных и переменных величин							
	Z_1	Z_2	Z_3	X_1	X_2	X_3	$Y_p, \%$	$Y_3, \%$
Координата центра плана	15	1,1	6,1	0	0	0		
Интервал варьирования факторов	5	0,1	1,6	1	1	1		
Шаг движения	0,6	0,02	-0,448	0,06	0,1	-0,14		
Опыт 1	15,6	1,12	5,56	0,06	0,1	-0,14	8,08	7,9
Опыт 2	16,2	1,14	5,11	0,12	0,2	-0,28	8,29	8,1
Опыт 3	16,8	1,16	4,67	0,18	0,3	-0,42	8,5	8,3
Опыт 4	17,4	1,18	4,22	0,24	0,4	-0,56	8,7	8,4
Опыт 5	18,0	1,2	3,77	0,3	0,5	-0,7	8,91	8,6
Опыт 6	18,6	1,22	3,32	0,36	0,6	-0,84	9,11	8,9

Примечание: Y_p – расчетная плотность, Y_3 – экспериментальная плотность суспензии

Исследованием уравнения (4) по критерию Фишера показано, что оно адекватно характеризует процесс объемного сжатия технологической щепы.

При непродолжительном (10–20 с) времени объемного сжатия уплотнение технологической щепы возрастает с увеличением внешнего давления и снижением гидромодуля суспензии.

Поиск оптимума процесса уплотнения суспензии при коммутации производим по уравнению (4) методом крутого восхождения. В качестве базового фактора принимаем давление $Z_8 = Z_2$. Задаем шаг движения базового фактора $\delta_{z_2} = 0,1 Z_2$. Соотношение шага движения и базового фактора определяем по формуле

$$\gamma = \delta_{z_2} / b_2 \cdot \Delta Z_2 \quad (5)$$

Шаг движения к оптимуму для остальных факторов уравнения линейной регрессии (4) определяем по формуле (6)

$$\delta_{z_j} = \gamma \cdot b_j \cdot \Delta Z_j, \quad j = 1, \dots, 3. \quad (6)$$

Шаг движения в безразмерной системе координат определялся в виде

$$\delta_{x_j} = \delta_{z_j} / \Delta Z_j. \quad (7)$$

Результаты расчета и экспериментального измерения плотности суспензии, определенные по уравнению регрессии (4), приведены в табл. 2.

Экспериментальные уровни плотности суспензии ниже расчетных во всем диапазоне изменения факторов (табл. 2), что можно объяснить протечками щелока в уплотнениях стенда, а также демпфирующими свойствами суспензии. Отклонения экспериментального графика от расчетного не имеют экстремумов. Следовательно, изменение плотности суспензии в зависимости от факторов процесса коммутации питателя высокого давления можно охарактеризовать как монотонное. Плотность суспензии возрастает при коммутации с увеличением времени, давления и снижением гидромодуля.

Для снижения пульсации давления в ПВД, обусловленной колебаниями плотности суспензии, целесообразно применить байпасные демпфирующие устройства или дросселирующие каналы, выравнивающие давление в роторе и патрубке щелока высокого давления перед их соединением. Теоретическое и расчетное обоснование дросселирующих каналов ПВД приведено в [2].

Библиографический список

1. Леонович, А.А. Основы научных исследований в химической переработке древесины / А.А. Леонович. – Л.: ЛТА, 1982. – 55 с.
2. Сиваков, В.П., Снижение вибрации питателя высокого давления / В.П. Сиваков, В.И. Музыкантова, И.А. Партин // Машины и аппараты целлюлозно-бумажного производства: Межвуз. сб. научн. тр. СПбГТУРП. – СПб, 2003. – С. 8–12.

ИСТОЧНИКИ КОЛЕБАНИЙ ЗАГРУЗОЧНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ УСТАНОВОК НЕПРЕРЫВНОЙ ВАРКИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

В.П. СИВАКОВ, *проф. каф. машин и оборудования ц/б пром-сти УГЛТУ, д-р техн. наук,*
И.А. ПАРТИН, *ст. преподаватель каф. машин и оборудования ц/б пром-сти УГЛТУ*

Пульсации суспензии «щепа + щелок» в загрузочной циркуляции и колебания оборудования установок непрерывной варки целлюлозы вызываются следующими источниками: неравномерным расходом суспензии в циркуляционном насосе, питателе высокого давления и винтовом загрузочном устройстве; гидравлическими ударами от изменения скорости потока суспензии; отрывным течением в местных гидравлических сопротивлениях и турбулентностью суспензии. Вынуждающие силы от этих источников воздействуют как на технологический процесс, так и на техническое состояние оборудования. Частоты и амплитуды вынуждающих сил следует учитывать при расчетах трубопроводов фланцевых соединений, опорных конструкций, крепежных уплотнительных элементов загрузочной циркуляции.

Для центробежных насосов и роторных питателей высокого давления спектр частот генерируемых ими пульсацией определяется по уравнению

$$f_p = k \cdot n \cdot b, \quad (1)$$

где k – номер гармоники ($k = 1; 2; 3; \dots$),

n , об/с – частота вращения ротора,

b – число лопастей рабочего колеса центробежного насоса или число тактов выдувки суспензии из карманов ротора питателя за оборот.

Винты загрузочных устройств возбуждают вибрацию с частотой

$$\omega_v = b_v \cdot n \cdot z, \quad (2)$$

где b_v – число заходов лопастей винта,

z – число патрубков загрузки и выгрузки винта.

Вынуждающие силы, создаваемые каждой из роторных машин, определяются по формуле

$$F_{ji} = m_{ji} \cdot V_{ji} \cdot \omega_{ji} \cdot \cos(\omega_{ji} t) \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (3)$$

где m_{ji} – неуравновешенная масса j -й машины, колеблющаяся на i -й частоте;

V_{ji} – виброскорость колебаний j -й машины на i -й частоте;

ω_{ji} – угловая частота i -х колебаний j -й машины;

t – фактор времени.

Вынуждающие силы от рядом расположенных машин, например, насоса циркуляционного и питателя высокого давления, создают результирующую силу

$$F(t) = F(F_i \cdot \cos(\Omega_j t) \gamma_j t), \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (4)$$

где F_j – амплитуда j -й вынуждающей силы;

F – символ функциональной зависимости;

Ω_j – угловая частота колебаний j -й силы;

γ_j – угол между векторной j -й силой и направлением измеряемой вибрации.

Сила $F(t)$ совместно с силами от гидравлических ударов возбуждает вибрацию оборудования тракта загрузочной циркуляции.

В загрузочной циркуляции интенсивная вибрация возбуждается от реактивных сил при выдувке суспензии из карманов ротора в трубопровод. Реактивная сила F_p определяется по формуле [1]

$$F_p = \rho V^2 A \sqrt{2(1 - \cos \beta)}, \quad (5)$$

где ρ – плотность массы;

V – скорость истечения массы через выгрузочное отверстие кармана ротора;

A – площадь поперечного сечения выгрузочного отверстия;

β – угол отклонения потока массы в выгрузочном отверстии.

Скорость истечения суспензии равна

$$V = \eta \sqrt{2p/\rho}, \quad (6)$$

где η – коэффициент расхода суспензии;

p – давление в питателе.

Вынуждающие силы от ударов проявляются в виде импульсов. Удары, как правило, возбуждают затухающую вибрацию.

Перегрузка суспензии в питателе из зоны низкого в зону высокого давления происходит с периодическим чередованием одно- и двухканальной выдувок. Это приводит к значительным периодическим изменениям скорости суспензии и сопровождается гидравлическими ударами.

Гидравлический удар представим в виде вынуждающей силы, приложенной в месте присоединения трубопровода загрузочной циркуляции к корпусу ВК. Периодически повторяющиеся импульсы вынуждающей силы могут быть представлены в виде функциональной зависимости:

$$F_T = F(c; \Delta p; \omega)$$

где F_T – амплитуда вынуждающей силы;

c – скорость распространения ударной волны;

Δp – пульсация давления в суспензии;

ω – частота изменений силы.

Скорость распространения ударной волны определяется по формуле Н.Е. Жуковского

$$c = \frac{c_3}{\sqrt{1 + E_{ж} d / (\delta)}}, \quad (7)$$

где c_3 – скорость распространения звука в суспензии;

$E_{ж}$ – объемный модуль упругости суспензии;

E – модуль упругости материала трубопровода;

d – диаметр трубопровода;

δ – толщина стенки трубопровода.

Скорость распространения звука в суспензии равна

$$c_3 = \sqrt{E_{ж} / \rho}, \quad (8)$$

где ρ – плотность суспензии.

Принимаем, что при одноканальной выгрузке суспензии скорость потока V_1 не изменяется и равна начальной скорости $V_1 = V_0$, при двухканальной выгрузке суспензии скорость потока $V_2 = 0,5V_0$. Чередование одно- и двухканальной выгрузки суспензии сопровождается неполным гидравлическим ударом. Пульсация давления при неполном гидравлическом ударе определяется по формуле [2]

$$\Delta p_H = \rho c (V_0 - V_2) \cos \omega t.$$

Анализ виброграмм питателя показывает, что гидравлический удар является не прямым, так как длительность времени перехода с одно- на двухканальную выгрузку происходит за некоторый период времени t_3 . Повышение давления при непрямом неполном гидравлическом ударе определяется по формуле [2]

$$\Delta p_{HH} = \frac{2\rho l(V_0 - V_2)}{t_3} \cos \omega t, \quad (9)$$

где l – длина трубопровода тракта загрузочной циркуляции;

t_3 – время перехода с одно- на двухканальную выгрузку.

При работе питателей высокого давления происходят временные закупоривания отдельных карманов технологической щепой. Закупоривание одного из карманов ротора питателя сопровождается кратковременным остановом потока суспензии ($V_2 = 0$), что приводит к полному гидравлическому удару.

Давление при полном гидравлическом ударе Δp_n определяется по формуле [2]

$$\Delta p_n = \frac{2\rho l V_0}{t_3} \cos \omega t. \quad (10)$$

Сила от гидравлических ударов в трубопроводе загрузочной циркуляции определяется по формуле

$$F_T = \Delta p_i A$$

где A – площадь поперечного сечения трубопровода;

Δp_i – пульсация давления в суспензии, $\Delta p_i \in [\Delta p_{HH}, \Delta p_n]$.

Импульсы вынуждающих сил от гидравлических ударов в трубопроводах загрузочной циркуляции достигают 4 кН при низкой частоте повторения.

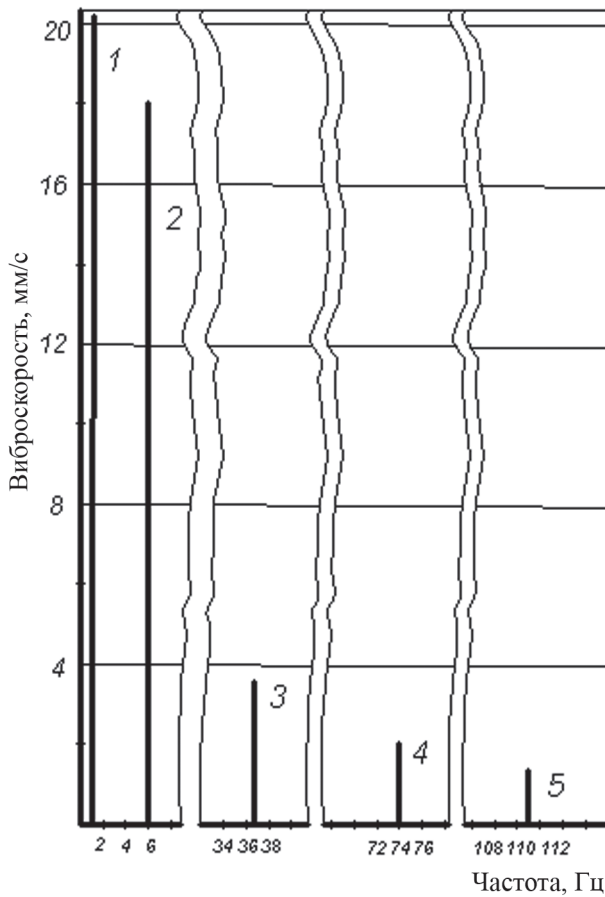


Рисунок. Уровни виброскорости трубопровода загрузочной циркуляции на частотах источников вынуждающих сил: 1 – на оборотной от выдувки суспензии из кармана ротора; 2 – на лопастной от выдувки суспензии из всех карманов ротора; 3, 4, 5 – на лопастной от насоса циркуляции суспензии, соответственно первой, второй и третьей гармоники

Импульсы давления от вынуждающих сил имеют полусинусоидальную форму [4]. Периодическая последовательность импульсов полусинусоидальной формы разлагается в следующий ряд Фурье

$$P(t) = \frac{P_{an} \alpha}{\pi} + \sum_{i=1}^n [P_{ai} \cos(2\pi \cdot i f_p + \beta_i)], \quad (11)$$

где P_{an} – величина импульса давления;
 α – отношение продолжительности импульсов к периоду их повторения;

$i = 1, 2, \dots, n$ – номер гармонической составляющей;

β_i – угол сдвига фаз i -й гармонической составляющей;

P_{ai} – амплитуда i -й гармонической составляющей давления

$$P_{ai} = \frac{4\alpha \cdot P_{an}}{\pi(4\alpha^2 i^2 - 1)} \cdot \cos(i\pi \cdot f_p). \quad (12)$$

Местные гидравлические сопротивления возбуждают пульсации потока суспензии с частотой [3]

$$f_M = V_c \cdot Sh / D_c, \quad (13)$$

где V_c – скорость потока суспензии;

Sh – число Струхала;

D_c – диаметр сужения потока в местном сопротивлении.

Одним из критериев сил динамического воздействия на оборудование является вибрация. Характерные уровни вибрации горизонтального участка трубопровода загрузочной циркуляции установки непрерывной варки целлюлозы, измеренные в рабочем режиме, приведены на рисунке.

Максимальные уровни виброскорости трубопровода возбуждаются гидравлическими ударами от выдувки суспензии из каналов ротора. Снижение воздействия динамических сил на оборудование тракта загрузочной циркуляции будет способствовать повышению эксплуатационной эффективности установки непрерывной варки целлюлозы.

Библиографический список

1. Тордуа, Г.А. Машины и аппараты целлюлозного производства / Г.А. Тордуа. М.: Лесная пром-сть, 1986. – 440 с.
2. Киселев, П.Г. Гидравлика / П.Г. Киселев. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 424 с.
3. Самарин, А.А. Вибрации трубопроводов энергетических установок и методы их устранения / А.А. Самарин. – М.: Энергия, 1977. – 289 с.
4. Санников, А.А. Вибрация и шум технологических машин и оборудования лесного комплекса / А.А. Санников, В.Н. Старжинский, В.П. Сиваков и др. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2006. – 484 с.

УСТАНОВКА ВИБРОАКТИВАТОРА ДЛЯ ОБРУШЕНИЯ СВОДОВ В БУНКЕРЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ

В.П. СИВАКОВ, *проф. каф. машин и оборудования ц/б пром-сти УГЛТУ, д-р техн. наук,*
М.Ю. ГОЛЫНСКИЙ, *асп. каф. машин и оборудования ц/б пром-сти УГЛТУ*

Бункеры для накопления и хранения технологической щепы устанавливают как аккумулирующие емкости между древесно-подготовительным и варочным цехами целлюлозно-бумажного производства (ЦБП). Бункеры по форме поперечного сечения бывают трех типов: круглые, квадратные и прямоугольные. К первой группе относятся цилиндрические бункеры, у которых верхняя часть представляет собой цилиндр, нижняя часть (выпускная воронка) – усеченный конус. Ко второй группе относятся призмопирамидальные бункеры, у которых верхняя часть – призма, нижняя – пирамидально-коническая воронка. К третьей группе относятся бункеры с щелевым выпускным отверстием.

Первые два типа бункеров (круглые и квадратные) имеют круглые выпускные отверстия и оснащены тарельчатыми питателями с диаметром диска до 5 м. Прямоугольные бункеры имеют разгрузочное отверстие в виде щели по всей длине бункера шириной 0,8 м и оснащены шнековыми разгрузателями.

Распространение получили круглые бункеры с тарельчатыми питателями, так как они позволяют применять индустриальные способы строительства.

Бункеры для щепы этого типа имеют круглое сечение (наружный диаметр 10–12 м), а в нижней части – конусную металлическую воронку с круглым разгрузочным отверстием диаметром до 3,5 м. Емкость бункеров 1 100 и 2 500 м³. Для уменьшения сводообразования выпускное отверстие в конусной части бункера иногда смещают относительно вертикальной оси на 0,75–1,0 м. Склады для щепы применяются железобетонные с металлической воронкой или стальные. Нижняя коническая часть бункера размещается в отапливаемом здании. Вертикальные стенки бункеров, располагаемых в холодном климате, обогреваются горячим воздухом, который подается по стальным трубкам, размещаемым внутри железобетонных стенок. Наружная поверхность стенок этих бункеров

покрывается теплоизоляцией. Внутренняя поверхность железобетонных бункеров должна тщательно железниться и не иметь выступающих частей. Иногда она покрывается специальной пластмассой или стеклом для уменьшения трения материала о стенки бункера.

Технологическая щепа в бункерах хранится от нескольких часов до нескольких суток. Бункер в установках непрерывной варки целлюлозы должен иметь запас щепы, обеспечивающий бесперебойную работу варочного котла в течение трех суток.

При хранении технологической щепы в бункерах более двух суток происходит ее уплотнение, в результате чего создаются затруднения при выгрузке плотной щепы [1]. Из опыта эксплуатации установлено, что переход от режима хранения к выгрузке происходит со сводообразованием. Свод технологической щепы образуется в коническом днище. Технологическая щепа, расположенная ниже свода, свободно высыпается из бункера. Обрушение уплотненной щепы, расположенной выше свода, при выгрузке происходит неравномерно, часто сопровождается закупориванием с образованием новых сферических сводов.

Точки пересечения дуг сводов с корпусом днища бункера в каждом конкретном эпизоде сводообразования случайны и располагаются в ограниченной зоне дислокации. Для обрушения сводов применяют механические и вибрационные устройства, способствующие обрушению технологической щепы. В связи с тем, что процесс образования и разрушения сводов мало изучен, большинство известных устройств для обрушения сводов малоэффективны.

Для выгрузочных устройств бункеров с вращающимися тарельчатыми питателями характерно формирование на поверхности тарели конуса из уплотненного насыпного материала. Конус из уплотненной технологической щепы неустойчив, размеры конуса изменяются в широких пределах.

Периодически конус из технологической щепы саморазрушается. Наблюдениями установлено, что наиболее устойчивыми характеристиками конуса можно считать угол при вершине равный 80–90° и соосность конуса и оси вращения тарельчатого питателя (рис 1). Установлено, что конус в основном формируется из мелкой фракции технологической щепы, частиц щепы с выходом смолы на поверхность и сучков.

Образование конуса из уплотненного материала ухудшает режим выгрузки технологической щепы, т.к. увеличивается трение движущихся частиц по неподвижной поверхности конуса.

При длительной эксплуатации бункера высота конуса h из уплотненной технологической щепы увеличивается, а минимальный диаметр подвижного объема щепы d сокращается. При увеличении высоты конуса h до $h_{кр}$ и уменьшении d до 0 происходит закупорка выпускного отверстия бункера, устранение которой трудоемко и занимает длительный период. Конус из технологической щепы способствует сохранению, движению вниз и уплотнению пробок щепы в форме сводов и наоборот – уплотнение сводов способствует увеличению размеров конуса.

Формирование конуса – процесс естественный, характерный для суспензий с концентрацией выше 8 %, а также для всех сыпучих материалов, находящихся в псевдооживленном состоянии или состоянии движения потока. При разработке аппаратов зону формирования конуса из отложений сырья устраняют, устанавливая на днищах конусы из металла или коническо-цилиндрические устройства. Это наряду с устранением отложений снижает трение частиц движущего потока (коэффициент трения щепы по щепе равен 0,5, а щепы по стали – 0,2).

Для математического описания процесса истечения сыпучего материала из бункера зададимся параметрами, характерными для бункеров, применяемых в ЦБП:

$d_{эв} = 0,5$ м – диагональ между двумя максимально удаленными точками частицы технологической щепы;

μ – коэффициент внутреннего трения для щепы из осины он варьируется

от 0,55 до 2,00; наиболее часто принимает значение $\bar{m} = 0,9$;

$R = 1,5$ м – радиус выпускного отверстия бункера.

Для бункеров, где размер частиц значительно меньше радиуса выпускного отверстия, для расчета истечения сыпучего материала используют приближенные формулы [2].

Высота (м) наиболее часто образующегося свода определяется по формуле

$$\bar{y} = \bar{m} \cdot R = 0,9 \cdot 1,25 = 1,125. \quad (1)$$

Минимальная высота свода

$$y_{\min} = \mu_{\min} \cdot R = 0,55 \cdot 1,25 = 0,688. \quad (2)$$

Эксцентриситет динамически неустойчивого свода над отверстием

$$\varepsilon = \sqrt{1 - \bar{\mu}^2} = \sqrt{1 - 0,9^2} = 0,436. \quad (3)$$

Эксцентриситет способствует разрушению свода. При эксцентриситете дуги поперечного сечения свода не равны между собой. Неравенство дуг приводит к тому, что сила от давления в сырье со стороны большей дуги выше, чем со стороны меньшей дуги поперечного сечения свода. Разность сил направлена к устранению эксцентриситета для приведения свода к симметрии (равенству дуг). Выравнивание сил, происходящее при движении системы к равновесию, приводит к разрушению свода по большей дуге.

Максимальная скорость истечения (м/с) определяется по формулам свободного падения с высоты \bar{y}

$$W_{\max} = \sqrt{2 \cdot g \cdot \bar{\mu} \cdot R} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,9 \cdot 1,25} = 4,698. \quad (4)$$

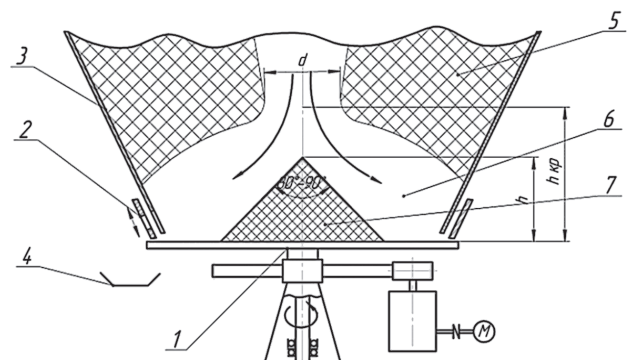


Рис. 1. Схема выгрузки технологической щепы из бункера: 1 – тарельчатый питатель; 2 – загрузочно-разгрузочное устройство; 3 – коническое днище бункера; 4 – приемный лоток; 5 – малоподвижный объем щепы; 6 – подвижный объем щепы; 7 – конус из уплотненной щепы

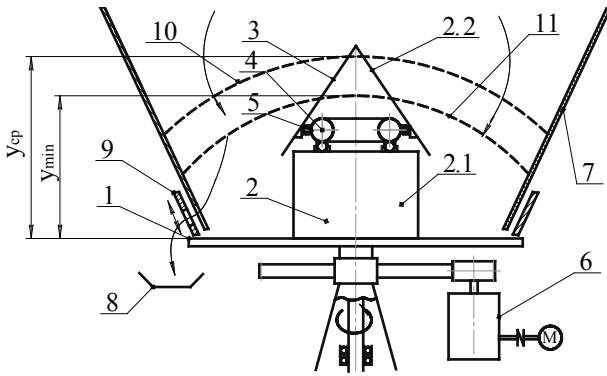


Рис. 2. Тарельчатый питатель с виброактиватором

Механизм движения частиц при выпуске их из отверстия предполагает истечение как результат свободного падения частиц после разрушения равновесного свода. Средняя скорость истечения должна быть равна половине максимальной, так как кривая, описывающая равновесный свод, подчиняется законам параболы.

$$W_0 = 0,5W_{\max} = 0,5 \cdot 4,698 = 2,349. \quad (5)$$

Частота образования сводов (м/с) определяется по формуле

$$v = \frac{1,17 \cdot \sqrt{g \cdot R \cdot \bar{\mu}}}{d_{\text{экв}} \left(1 + \frac{1,15 \cdot \bar{\mu}^2}{1 - \bar{\mu}^2} \cdot \lg \frac{1 + \sqrt{1 - \bar{\mu}^2}}{1 - \sqrt{1 - \bar{\mu}^2}} \right)} = \frac{1,17 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 1,25 \cdot 0,9}}{0,05 \left(1 + \frac{1,15 \cdot 0,9^2}{1 - 0,9^2} \cdot \lg \frac{1 + \sqrt{1 - 0,9^2}}{1 - \sqrt{1 - 0,9^2}} \right)} = 26. \quad (6)$$

Периодичность сводообразования меньше 1 с. Это свидетельствует о том, что истечение технологической щепы из типовых бункеров происходит в условиях постоянного сводообразования.

Для обеспечения устойчивого процесса выгрузки щепы необходимо применять специальные устройства для обрушения сводов. Например, тарельчатый питатель с виброактиватором (рис. 2).

Тарельчатый питатель представляет собой диск, установленный на вертикальный вал, вращающийся в радиальных и упорных подшипниках. Привод тарельчатого питателя осуществляется от электродвигателя через червячный редуктор и открытую зубчатую передачу. Частота вращения тарельчатого питателя регулируется частотным преобразователем в пределах от 4,22–7,04 об./мин.

Перед пуском тарельчатого питателя загрузочно-разгрузочное устройство настраивают на определенную скорость истечения технологической щепы. Для этого винтовыми механизмами перемещается загрузочно-разгрузочное устройство по направляющей, регулируя высоту выгружаемого потока технологической щепы.

Устройство модернизированного тарельчатого питателя состоит из диска 1, в центре которого установлен коническо-цилиндрический выступ 2. Он состоит из цилиндрической части 2.1, на которой расположен виброактиватор 3, установленный на шаровых опорах 4. Виброактиватор 3 через пружины 5 связан с конической частью выступа 2.2, которая под действием вибрации имеет горизонтальное перемещение [3].

Работа модернизируемого тарельчатого питателя осуществляется следующим образом. Для выгрузки технологической щепы включают привод тарельчатого питателя 6, обеспечивающий его вращение. Технологическая щепка под действием собственного веса перемещается по кольцевому зазору между стенками бункера 7 и коническо-цилиндрическому выступу 2, опускается на поверхность диска 1 и спускается на приемный лоток 8 через загрузочно-разгрузочное устройство 9. При образовании сводов или медленном истечении технологической щепы включается виброактиватор. Вибрационная обработка разрушает сводообразования и ускоряет движение технологической щепы при разгрузке бункера. 10 – уровень наиболее часто образующегося свода; 11 – уровень свода минимальной высоты.

Отметим, что наиболее устойчивыми к разрушению являются своды при y_p , располагающимся в интервале $y_{\min} \leq y \leq \bar{y}$. Выступ виброактиватора следует располагать таким образом, чтобы его вершина пересекала зенит сводов, располагающихся между y_{\min} и \bar{y} .

Коническо-цилиндрический выступ виброактиватора на тарельчатом питателе имеет угол конуса меньше угла естественного откоса сыпного материала, что предотвращает образование сводов, а вибрационное перемещение конической части выступа

интенсифицирует скорость истечения сыпного материала.

Тарельчатые питатели с виброактиватором предполагается устанавливать на бункерах для хранения технологической щепы объемом более 500 м³ в закрытых помещениях и на бункерах любых объемов, расположенных на открытом воздухе, где наблюдается интенсивное сводообразование сыпного материала.

Библиографический список

1. Мазарский, С.М. Оборудование целлюлозно-бумажного производства / С.М. Мазарский. – М.: Лесная пром-сть, 1968.
2. Фиалков, Б.С. Управление истечением сыпучести материалов / Б.С. Фиалков. – Алма-Ата: Наука, 1982.
3. Пат. 57288 РФ, D21B 1/00. Тарельчатый питатель / В.П. Сиваков, М.Ю. Гольинский (Россия). – № 2006107201/22; Заявлено 07.03.2006; Опубл. 10.10.2006 Бил. № 28

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕГО РАБОТЫ

Е.В. СОКОЛОВ, *асп. каф. сопротивления материалов и теоретической механики УГЛТУ*,
Д.Т. АНКУДИНОВ, *проф. каф. технической механики УГТУ, д-р техн. наук*

В целлюлозно-бумажном производстве (ЦБП) уникальными автоматически действующими системами являются бумаго- и картоноделательные машины (БМ). Производительность современных БМ увеличивают за счет повышения единичной мощности и скорости. Одновременно возрастают требования к надежности и эффективности работы вспомогательных систем БМ. К таким системам, в частности, относят массоподводящую, которая предназначена для непрерывного подвода бумажной массы к напорному ящику с последующим напуском ее на сетку формирующей части БМ [1]. Бумажная масса проходит стадии разбавления, очистки, деаэрации, сортирования, после чего поступает в напорный ящик БМ. Для подачи бумажной массы используют центробежные насосы (ЦН).

ЦН являются одним из основных агрегатов, входящих в состав поточных линий производства бумаги, картона, целлюлозы, древесной массы. Непрерывная и безаварийная работа ЦН влияет на производительность и эффективность работы БМ. Работа ЦН в нестационарном режиме в системах массоподвода влияет на формирование капиллярно-пористой структуры бумажного полотна и на качество продукции в целом [2]. Продолжительная работа в нестационарном режиме снижает долговечность и приводит к аварийным отказам с разрушением основных деталей ЦН [3].

Исследование рабочих процессов ЦН дает возможность разрабатывать методы анализа гидродинамических качеств ЦН, напряженно-деформированного состояния (НДС) основных деталей ЦН при условии нагружения, максимально приближенного к реальному. Для разработки подобных методов необходимо проводить разные исследования: теоретические, экспериментальные, включая натурные испытания ЦН. В этом случае роль современного численного исследования возрастает.

Целью статьи является проведение численного моделирования рабочих процессов ЦН и сравнение с результатами натурных испытаний.

В качестве объекта исследования выбран ЦН типа ХРО1000/34-К-СД (далее ХРО1000/34). ЦН типа ХРО используют в системах массоподвода БМ для подачи (перемещения) водоволокнистой суспензии и оборотной (регистравой) воды.

Выбор ЦН типа ХРО обусловлен:

- конструктивным подобием с другими консольными ЦН типа БМ, Х, АХ эксплуатируемыми в системах массоподвода БМ и в других подобных гидравлических системах;
- возможностью проведения стендовых (натурных) испытаний для получения основных характеристик и параметров ЦН, а также использованием полученных данных в исследовательских целях;

Моделирование – основа теоретического исследования рабочих процессов ЦН. Основной задачей исследования является установление закона (картины) движения жидкости при взаимодействии ее с элементами ЦН. Моделирование гидродинамических процессов в ЦН является сложной задачей, поэтому используют методы вычислительной гидродинамики.

Для решения основной задачи гидродинамики – определения кинематических и динамических параметров потока – необходимо уравнение движения жидкости. В проточных каналах ЦН движение вязкой сжимаемой жидкости определяется системой двух уравнений

– общим уравнением динамики вязкой жидкости

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} = \vec{F} - \frac{1}{\rho} \text{grad } p + \nu \nabla^2 \vec{v}, \quad (1)$$

– уравнением неразрывности

$$\text{div} \vec{v} = 0, \quad (2)$$

где $\partial \vec{v} / \partial t$ – локальная производная;

$(\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v}$ – конвективная производная;

$1 / \rho \text{ grad } p$ – сила давления;

\vec{F} – массовые силы;

$\nu \nabla^2 \vec{v}$ – сила трения.

Уравнение (1) Навье-Стокса справедливо для любого режима движения жидкости, ламинарного или турбулентного. Для того чтобы использовать уравнение Навье-Стокса для решения практических задач, вводится понятие местной усредненной скорости, которая определяется соотношением

$$\bar{u} = \frac{1}{T} \int_{t-T/2}^{t+T/2} \vec{u} dt, \quad (3)$$

где \vec{u} – мгновенная местная скорость;

T – период усреднения.

После усреднений каждого из членов в уравнении (1) вместо мгновенных значений скорости записывают усредненные скорости и члены, зависящие от пульсации скорости. Таким образом, уравнение Навье-Стокса (1) называют осредненным уравнением по Рейнольдсу [4]. Для замыкания уравнений Рейнольдса используют полуэмпирические модели турбулентности, основанные на гипотезах Буссинеска и Прандтля. Суть гипотез сводится к замене связи турбулентных напряжений

с усредненной скоростью частиц жидкости на определение параметров турбулентного потока ε и l как функции координат [5]

$$\varepsilon = l^2 \left| \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \right|, \quad (4)$$

где ε – кинематический коэффициент турбулентной вязкости;

l – длина перемешивания, или масштаб турбулентности.

На практике уравнения Рейнольдса решают численным интегрированием, для этого используют метод конечных (контрольных) объемов (МКО) [4]. Суть метода сводится к замене сплошной области течения жидкости конечным числом ячеек (объемов) при помощи конечно-объемной сетки. На всей области конечно-объемной сетки строго выполняется сохранение законов количества движения, энергии и массы. В этом случае моделирование рабочих процессов ЦН проводим при помощи МКО.

Весь процесс моделирования состоит из нескольких этапов. Исходными данными для создания математической модели течения являются: геометрия ЦН, начальные и граничные условия. Для моделирования можно использовать объемную или плоскую геометрию области течения ЦН. Отличительной особенностью объемной геометрии является возможность получения интегральных характеристик ЦН, т.е. значений параметров ЦН: подачи, напора, частоты вращения и момента на валу ротора. Кроме этого можно исследовать гидродинамические качества лопастной системы, потери давления, отрывные течения, циркуляцию скорости и т.д. [7]. В целом объемная модель более полно и точно отражает моделирование рабочих процессов ЦН, однако требует значительных затрат времени, вычислительных ресурсов и специальных знаний в области вычислительной гидродинамики. Поэтому для получения адекватной картины течения жидкости можно использовать более простую плоскую геометрию ЦН.

Плоская геометрия ЦН представляет собой совокупность областей течения жидкости в подводе, рабочем колесе (РК), спиральном отводе (рис. 1).

На основании геометрии области течения жидкости ЦН создаем расчетную модель.

Для построения используем конечно-объемную сетку. При этом всю расчетную модель разбиваем на три области нерегулярной сеткой с общим количеством ячеек около 13 тыс. (рис. 2).

Для рассмотрения физических процессов течения жидкости используем двухпараметрическую « $k - \varepsilon$ » модель турбулентности [7]

$$k = \frac{3}{2}(\bar{u} \cdot I)^2, \quad (5)$$

где k – коэффициент кинетической энергии турбулентных пульсаций;

\bar{u} – усредненная скорость;

I – интенсивность турбулентности

$$I = 0,16(Re)^{-1/8}, \quad (6)$$

где Re – число Рейнольдса.

$$\varepsilon = C_\mu^{3/4} \frac{k^{3/2}}{l}, \quad (7)$$

где ε – коэффициент скорости диссипации энергии;

C_μ – эмпирический коэффициент 0,09;

l – масштаб турбулентности

$$l = 0,07 \cdot D_r, \quad (8)$$

где D_r – гидравлический диаметр.

Модель турбулентности основана на эмпирических соотношениях и справедлива для всей расчетной области течения жидкости. Для определения расчетной области необходимы граничные условия. Определяем граничные условия на основании проведенных параметрических испытаний ЦН ХРО1000/34 на стенде №12 завода-изготовителя ОАО «Уралгидромаш». Для получения картины течения выбран один из рабочих процессов – режим оптимальной подачи ЦН. Для данного режима установлены следующие параметры: подача $Q = 1007 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($0,27 \text{ м}^3/\text{с}$); напор $H = 34,7 \text{ м}$; частота вращения $n = 990,3 \text{ об./мин}$; плотность жидкости $\rho = 998,8 \text{ кг/м}^3$; давление на входе $P_1 = 0,27 \cdot 10^5 \text{ Па}$; давление на выходе $P_2 = 3,68 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Определим среднюю скорость потока жидкости $V(\bar{u})$

$$V = Q / S, \quad (9)$$

где $S = \pi R^2 / 2$, площадь сечения подвода;

$R = 0,2 \text{ м}$, радиус сечения;

$S = 0,063 \text{ м}^2$.

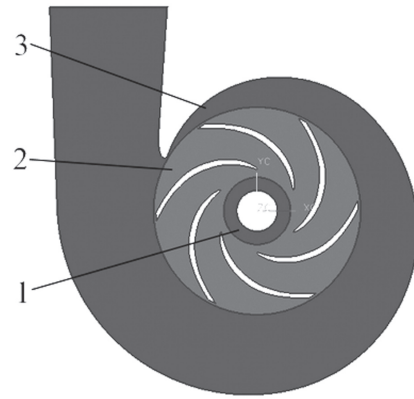


Рис. 1. Плоская геометрия ЦН области течения: 1 – под-вод; 2 – рабочее колесо; 3 – спиральный отвод

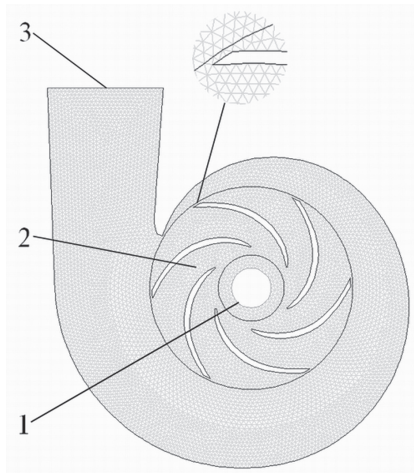


Рис. 2. Расчетная модель области течения ЦН: 1 – вход; 2 – область вращения; 3 – выход

Определим число Рейнольдса

$$Re = VD_r / \nu, \quad (10)$$

где V – средняя скорость потока;

D_r – гидравлический диаметр (для круглого сечения равен геометрическому);

ν – кинематический коэффициент вязкости.

Средняя скорость потока $V = 4,4 \text{ м/с}$; гидравлический диаметр $D_r = 0,4 \text{ м}$; коэффициент кинематической вязкости $\nu = 1,004e - 6 \text{ м}^2/\text{с}$; число $Re = 17,5 \cdot 10^5$. Для ЦН типа ХРО определены следующие величины (табл. 1).

Параметры турбулентности определены по формулам (5–8) $k = 0,018 \text{ м}^2/\text{с}^2$; $I = 2,6 \%$; $\varepsilon = 0,014 \text{ м}^2/\text{с}^3$; $l = 0,028 \text{ м}$.

После построения математической модели и назначения граничных условий проводим расчет итерационным методом. Количество итераций назначаем 400, используем численный метод второго порядка точности, при этом интегрирование дифференциальных уравнений Рейнольдса ведем по неявной схеме.

Граничные условия расчетной области

Граничные условия в модели	Давление P , МПа	Скорость V , м/с	Интенсивность турбулентности I , %	Гидравлический диаметр D_h , м
Вход	0,27	4,4	2,6	0,4
Выход	0	0	2,5	0,3

Сравнение результатов натурного и численного экспериментов

№ точки на характеристике ЦН	Натурный эксперимент		Численный эксперимент			Погрешность, %
	показания манометра, $P \cdot 10^{-5}$ Па		граничные условия, $P \cdot 10^{-5}$ Па		кол-во итераций	
	вход	выход	вход	выход		
11	0,2	3,0	0,2	3,2	298	6,2

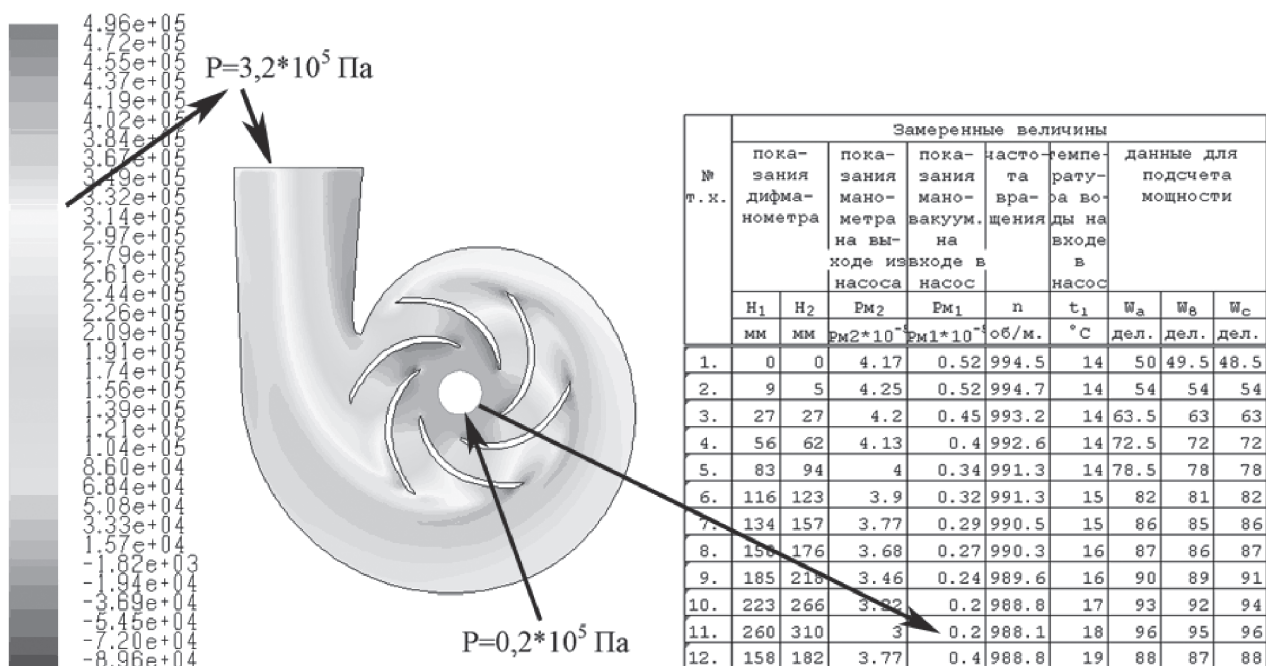


Рис. 3. Сравнение параметров давления натурного и численного эксперимента

Критерием сходимости является достижение величин скорости \bar{u} , кинетической энергии турбулентных пульсаций k , скорости диссипации энергии ε среднеквадратической невязки (остатка) уровня $10e-4$ (0,001). После 298 итераций сходимость результатов достигнута, что является основанием для анализа и сравнения с результатами стендовых (натурных) испытаний ЦН.

Рассмотрев полученную картину течения жидкости на оптимальном режиме работы, сравним полученные параметры натурного и численного эксперимента (рис. 3).

Параметры рабочего процесса ЦН на оптимальной подаче показывают хорошую

сходимость численного эксперимента с результатами натурного (стендового) (табл.2).

Расчет других рабочих режимов ЦН ХРО1000/34 можно провести аналогичным образом, предварительно определив значения граничных условий.

Выводы

1. Предложена математическая модель ЦН консольного типа для моделирования рабочих процессов.

2. Получена адекватная картина плоского течения в проточных каналах ЦН. Проведено сравнение параметров численного и натурного эксперимента. Анализ результатов

показал хорошую сходимость, погрешность 6,2 %.

3. Предложенная модель позволяет корректировать параметры ЦН: подачу, напор и частоту вращения за счет изменения количества лопастей и наружного диаметра РК.

Основная цель работы – проведение численного моделирования рабочих процессов ЦН и сравнение с результатами натурных испытаний – достигнута. Данный подход можно использовать для повышения эффективности эксплуатации ЦН в массоподводящих системах БМ и других подобных сложных гидравлических системах.

Библиографический список

1. Терентьев, О.А. Массоподача и равномерность бумажного полотна / О.А. Терентьев. – М.: Лесная промышленность, 1986. – 264 с.
2. Львов, А.И. Теоретическое обоснование условий работы смесительных насосов бумагоделательных машин при минимальном уровне пульсаций давления / А.И. Львов, В.С. Куров, О.А. Терентьев // Известия вузов. Лесной журнал – 1997. № 6 – С. 64–69.
3. Косторной, А.С. Исследование нестационарных характеристик потока в проточной части центробежного насоса / А.С. Косторной // Насосы и оборудование. – 2005. № 1 – С. 18–19.
4. Андерсон, Д. Вычислительная гидродинамика и теплообмен. В 2-х т.: Пер. с англ. / Д. Андерсон, Дж. Таннехил, Р. Плетчер. – М.: Мир, 1990. – Т. 2. – 392 с.
5. Емцев, Б.Т. Техническая гидромеханика. / Б.Т. Емцев. – М.: Машиностроение, 1978. – 463 с.
6. Волков, А. Анализ гидродинамических качеств сетевых насосов в энергоблоках мощностью 100 МВт / А. Волков, С. Панкратов, А. Парыгин, // Насосы и оборудование. – 2006. № 2 – С. 25–27.
7. Хитрых, Д. Проектирование турбомашин: обзор моделей турбулентностей / Д. Хитрых // ANSYS Solutions. Русская редакция. – 2005. № 1 – С. 9–11

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ ВЯЖУЩИХ И АДСОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ КАМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ И НАПОЛНИТЕЛЕЙ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

О.П. ТЕЛЮФАНОВА, *асп. каф. транспорта и дорожного стр-ва УГЛТУ*,
С.И. БУЛДАКОВ, *проф. каф. транспорта и дорожного стр-ва УГЛТУ, канд. техн. наук*
В.К. КОНДРАТОВ, *проф. Восточного научно-исслед. углехимического института*

Рост требований к транспортно-эксплуатационным характеристикам асфальтобетонных покрытий, связанный с повышением скоростей движения и увеличением количества тяжелых и сверхтяжелых грузовых автомобилей в составе транспортного потока, отчетливо выявляет недостаточность существующего в настоящее время уровня качества дорожных битумов. Качество битума в значительной степени влияет на качество и срок службы дорожных асфальтобетонных покрытий, поскольку все характерные особенности свойств асфальтобетона как термопластичного материала определяются свойствами битума.

Несмотря на то, что в настоящее время накоплен большой опыт производства битумов и асфальтобетона, наиболее острой остается проблема управления процессами получения вяжущих с заданными свойствами.

Анализ литературных данных показал, что выбор вяжущего (битума) проводится в основном эмпирически, отсутствуют систематические данные об адгезионной способности вяжущих и поровой структуры каменных материалов, наполнителей.

Характер мезопоровой структуры каменных материалов, а также адгезионная способность вяжущих материалов оказывают существенное влияние на качество и долговечность асфальтобетонных покрытий. Методология определения этих параметров отсутствует.

Разработка методологии моделирования адгезионной способности вяжущих в системе с каменным материалом его мезопоровой структуры и создание на этой основе новых технологий получения нефтяных битумов, резинобитумных вяжущих, в том числе возможность вовлечения в использо-

вание тяжелых нефтяных остатков – асфальтов пропановой деасфальтизации, нефтяного асфальтита, нефтяных масел, гудрона и других активных компонентов для дорожного строительства – является одним из перспективных направлений в области повышения качества вяжущего и продления сроков службы асфальтобетонных покрытий.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- изучение адгезионных свойств вяжущих (битумов) на каменных и резиновых материалах;

- разработка методики моделирования адгезионной способности вяжущих и мезопоровой структуры каменных материалов в системах каменный материал с модельными соединениями – углеводородами;

- изучение закономерности изменения энергий связей мезопор в системах каменный материал с модельными соединениями;

- разработка процессов регулирования (прогнозирования) адгезионной способности вяжущих к каменным материалам на основе энергий связей в системах адсорбат (модельные соединения) – адсорбент (каменные материалы);

Объектами исследования стали каменные материалы: гранодиорит, известняк, мрамор, сланцево-битумная и карбонатно-битумная породы, нефтяные вяжущие.

В качестве модельных соединений использовали: циклогексан, бензол, н-гептан, п-ксилол, 1-метилнафталин, тетралин.

Химический состав используемых каменных материалов определяли по ГОСТ. Содержание SiO_2 , CaO , MgO , Na_2O в каменных материалах определяли по ГОСТ 10538-93, «Топливо твердое. Методы определения химического состава», а количество Al_2O_3 , FeO и Fe_2O_3 – по ГОСТ 22553-92. «Песок кварцевый, молотый, песчаник, кварцит и жильный кварц для стекольной промышленности». Содержание CO_2 определяли по ГОСТ 6389-81, а количество битумоидов в сланцево-битумных и карбонатно-битумных породах – по методике Г.Л. Стадникова. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Из резиновых материалов изучали отходы резины шинной и эбонитовой Свердловского завода резинотехнических изделий.

По данным завода резиновые материалы содержат, % масс.:

- резина – каучук нитрильный 42–54, сажа 36–49;

- шинная резина – каучук СКМС 30 (метилстирольный) 38,31, каучук СКДП 16,42, масло ПН-6 7,66, технический углерод ПМ-100 30,1;

- эбонитовая резина – каучук бутадиеновый 40–42, технический углерод 38–39, индустриальное масло 11–12.

Из вяжущих материалов исследованы нефтяные битумы I–III структурных типов, асфальты пропановой деасфальтизации, нефтяной асфальтит с Уфимского нефтеперерабатывающего завода.

Основные свойства вяжущих определяли по ГОСТ. Температуру размягчения по кольцу и шару – по ГОСТ 11506-73; глубину проникания иглы при $+25\text{ }^\circ\text{C}$ – по ГОСТ 11501-78, растяжимость при $+25\text{ }^\circ\text{C}$ – по ГОСТ 11505-75, температуру вспышки – по ГОСТ 4333-48.

Структурно-групповой состав вяжущих изучали методом вытеснительной колоночной хроматографии на силикагеле. Определяли: парафинонафтенотенные углеводороды (ПНУ), парафино-ароматические углеводороды (ПАУ), ароматические соединения (АС), масла (м), смолы (с), асфальтены (а). Физико-химические свойства вяжущих представлены в табл. 2.

Для определения термодинамических параметров (изменения мольной энтальпии и др.) в системах адсорбат (углеводород) – адсорбент (твердый материал) использовали метод обращенной газовой хроматографии.

Для оценки физико-химических закономерностей формирования адгезионных свойств нефтяных вяжущих к поверхности каменных и резиновых материалов использовали методологию моделирования.

Для определения показателя адгезии вяжущих к испытуемым твердым материалам использовали модельные соединения, содержащие функциональные группы, ана-

логичные веществам, входящим в состав вяжущего, измеряли объемы удерживания (V_m) модельными соединениями на испытуемых материалах и стандартном твердом материале – кварце.

С помощью зависимости $\lg V_m$ от $1/T$ (T – температура) определяли изменение мольной энтальпии при адсорбции модельных соединений (мс) на испытуемом материале (им) ($\nabla H_{мс}^{им}$) и кварце (к) ($\nabla H_{мс}^к$), рассчитывали коэффициенты адгезии как отношение величин изменение мольной энтальпии ($\nabla H_{мс}^{им}$) модельных соединений на испытуемом материале к изменению мольной энтальпии при адсорбции циклогексана (ц) на кварце (к), ($\nabla H_{ц}^к$) и $\nabla H_{мс}^к$ к $\nabla H_{ц}^к$ и по принципу аддитивности энергий химических связей с учетом структурно-группового состава вяжущего, вычисляли коэффициенты адгезии вяжущего ($K_B^{им}$) на испытуемом материале.

Для эксперимента использовали хроматограф ЛХМ-8М, длина колонки 2 м, диа-

метр 3мм, газ-носитель – гелий, скорость газа ≈ 100 мл/мин, фракция сорбента в колонке 0,25–0,5 мм. Адсорбент – кварц. Адсорбаты – циклогексан, бензол, н-гептан, п-ксилол, I-метилнафталин, тетралин; масса адсорбента в колонке 20,38 г, количество модельного соединения, вводимого в колонку хроматографа – 0,04–0,05 г, модельные соединения вводят в поток гелия, определяют величины V_m при разных температурах и на основании линейных зависимостей $\lg V_m$ от $1/T$ рассчитывают величины ∇H для систем модельные соединения – испытуемый материал.

Для моделирования адгезии парафинонафтеновых углеводородов на испытуемом материале в качестве модельного соединения использованы циклогексан (ц) и н-гептан (н-г); ароматических соединений – бензол (б), п-ксилол (п-к), I-метилнафталин (м-н); парафино-ароматических углеводородов – н-г, п-к, м-н; а – м-н и тетралин (т); масел (м) – ц и п-к.

Т а б л и ц а 1

Содержание CO₂ и битумоидов в сланцево-битумных и карбонатно-битумных породах

Материал	Содержание, %								
	SiO ₂	CaO	MgO	FeO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	CO ₂	битумоид
Кварц	98,37	–	–	–	–	–	–	–	–
Гранодиорит	59,49	6,27	3,42	3,51	2,91	16,7	3,9	–	–
Известняк	–	58,5	–	–	–	–	–	39,9	–
Сланцево-битумная порода	24,37	29,8	–	–	–	–	–	23,6	до 2
Карбонатно-битумная порода	7,04	43,2	–	–	–	–	–	34,5	до 2

Т а б л и ц а 2

Физико-химические свойства вяжущих материалов

Соединение	Структурно-групповой состав, %						Показатели			
	ПНУ	ПАУ	АС	масла	смолы	ас-фальтены	Температура размягчения, °С	Глубина проникания иглы при +25 °С, усл. единиц	Растяжимость, см	Температура вспыхки, °С
Битум I структурного типа	4,04	14,77	53,31	–	–	27,88	47	108	140	250
Битум II структурного типа	5,48	30,89	46,42	–	–	17,21	39	220	100	245
Битум III структурного типа	13,26	14,61	50,39	–	–	21,74	43	160	130	240
Асфальты проп. деасфальтизации – I	–	–	–	49,3	48,0	2,7	38	90	30	230
Асфальты проп. деасфальтизации – II	–	–	–	36,9	57,3	5,8	45	40	100	240
Нефтяной асфальтит	1,2	–	29,9	9,3	17,9	41,7	120	–	–	–

Результаты моделирования коэффициентов адгезии структурно-групповых составляющих вяжущих ($K_{пну}^{им}$, $K_{ас}^{им}$, $K_{пау}^{им}$, $K_a^{им}$, $K_m^{им}$ и $K_{см}^{им}$) на твердых материалах

Твердые материалы	Парафино-нафтенновые углеводороды, $K_{пну}^{им}$	Ароматические соединения, $K_{ас}^{им}$	Парафино-ароматические углеводороды, $K_{пау}^{им}$	Асфальтены, $K_a^{им}$	Масла, $K_m^{им}$	Смола, $K_{см}^{им}$
Кварц	1,070	1,786	1,724	2,264	1,427	1,920
Гранодиорит	1,364	1,961	2,025	2,566	1,580	2,268
Сланцево-битумная порода	1,021	1,330	1,402	2,064	1,183	1,490
Мрамор	1,493	1,662	1,783	2,131	1,440	1,870
Известняк	1,740	1,992	2,233	2,819	1,930	2,409
Карбонатно-битумная порода	1,110	1,675	1,682	2,209	1,416	1,909
Резина	1,287	1,637	1,624	2,065	1,403	1,795
Шинная резина	1,414	1,712	1,788	2,184	1,406	1,894
Эбонитовая резина	1,400	1,744	1,751	2,260	1,532	1,972

Результаты определения коэффициентов адгезии битумов типа I–III, асфальта пропановой деасфальтизации – I и II, нефтяного асфальтита по отношению к твердым материалам

Твердые материалы	$K_b^{им}$ типа I	$K_b^{им}$ типа II	$K_b^{им}$ типа III	$K_{апл I}^{им}$	$K_{апл II}^{им}$	$K_{на}^{им}$
Кварц	1,874	1,809	1,789	1,686	1,758	1,966
Гранодиорит	2,105	2,052	2,023	1,937	2,032	2,225
Сланцево-битумная порода	1,525	1,461	1,463	1,354	1,410	1,647
Мрамор	1,805	1,771	1,759	1,665	1,727	1,873
Известняк	2,236	2,195	2,173	2,183	2,256	2,402
Карбонатно-битумная порода	1,794	1,739	1,717	1,674	1,745	1,908
Резина	1,731	1,757	1,682	1,610	1,667	1,816
Шинная резина	1,823	1,800	1,787	1,661	1,731	1,908
Эбонитовая резина	1,866	1,816	1,810	1,763	1,826	1,975

Возможность использования модельных соединений с низкой молекулярной массой для моделирования адгезии вяжущих с более высокой молекулярной массой обусловлено линейными соотношениями между величинами ∇H систем адсорбент – модельное соединение от числа атомов углерода в молекулах модельного соединения.

Коэффициент адгезии ($K_{мс}^{им}$) определяют как отношение $\nabla H_{мс}^{им} / H_{ц}^k$.

При вычислении коэффициентов адгезии ПНУ ($K_{пну}^{им}$), АС ($K_{ас}^{им}$), ПАУ ($K_{пау}^{им}$), а ($K_a^{им}$), м ($K_m^{им}$) и см ($K_{см}^{им}$) на испытуемом материале по принципу аддитивности используют средние значения $K_{мс}^{им}$ соответственно

$$K_{пну}^{им} = (K_{ц}^{им} + K_{н-г}^{им})/2; K_{ас}^{им} = (K_b^{им} + K_{п-к}^{им} + K_{м-н}^{им})/3;$$

$$K_{пау}^{им} = (K_{н-г}^{им} + K_{п-к}^{им} + K_{м-н}^{им})/3.$$

Определение коэффициентов адгезии асфальтенов, масел и смол проводили по уравнениям

$$K_a^{им} = K_{м-н}^{им} \times n + K_t^{им} \times m;$$

$$K_m^{им} = K_{ц}^{им} \times n_1 + K_{ц}^{им} \times m_1;$$

$$K_{см}^{им} = K_{ц}^{им} \times n_2 + K_{м-н}^{им} \times m_2,$$

где n , n_1 , n_2 и m , m_1 и m_2 – содержание ароматических и нафтеновых углеводородов в асфальтенах, маслах и смолах соответственно.

Величины $K_{пну}^{им}$, $K_{ас}^{им}$, $K_{пау}^{им}$, $K_a^{им}$, $K_m^{им}$ и $K_{см}^{им}$ использованы для определения коэффициентов адгезии вяжущих ($K_b^{им}$) на испытуемых материалах: битумов (б), ($K_b^{им}$), нефтяных асфальтитах, ($K_{на}^{им}$), асфальтов пропановой деасфальтизации ($K_{апл}^{им}$) по их структурно-групповому составу (табл. 3).

В соответствии с принципом аддитивности величины $K_B^{им}$ определяются по формуле

$$K_B^{им} = N_1 \times K_{пну}^{им} + N_2 \times K_{ас}^{им} + N_3 \times K_{пау}^{им} + N_4 \times K_a^{им} + N_5 \times K_m^{им} + N_6 \times K_{см}^{им}$$

где $N_1, N_2, N_3, N_4, N_5, N_6$ – содержание парафинафтеновых углеводородов, ароматических соединений, асфальтенов, масел и смол в вяжущем соответственно.

Результаты определения коэффициентов адгезии структурно-групповых составляющих вяжущих приведены в табл. 3, 4.

Из табл. 3 следует, что парафинафтеновые углеводороды прочнее сорбируются на известняке, мраморе, гранодиорите и эбонитовой резине; ароматические соединения – на известняке, гранодиорите, кварце, эбонитовой резине; парафино-ароматические – на известняке, гранодиорите, шинной резине и мраморе; асфальтены – на известняке, гранодиорите, кварце и эбонитовой резине; масла – на известняке, гранодиорите, эбонитовой резине; смолы – на известняке, гранодиорите, эбонитовой резине и кварце.

Повышение адгезионной способности известняка обусловлено образованием одновременно прочной связи между катионом C_a^{+2} и π – системой ароматических соединений вяжущих и водородных связей между анионом CO_3^{-2} и С-Н группами ароматических соединений $CO_3^{-2} \dots H-C$.

Полученные данные свидетельствуют о возможности регулирования (прогнозирования) адгезионной способности вяжущих в

системе с каменным материалом и резиной. Так, при более высоком содержании парафинафтеновых углеводородов в вяжущем для повышения его адгезионной способности в качестве наполнителей могут быть использованы известняки, мрамор, шинная и эбонитовая резиновая крошка; вяжущее, содержащее большее количество ароматических соединений, может быть использовано в системе с известняком, гранодиоритом, мрамором, шинной и эбонитовой резиной; при наличии в вяжущем асфальтенов можно применять известняки, гранодиориты, кварц и эбонитовую резину; в случае наличия масел и смол нужно использовать известняки, гранодиориты и эбонитовую резину .

Наиболее высокой адгезионной способностью по отношению к каменным материалам и др. обладает нефтяной асфальтит и битум типа 1 (табл. 2). Адсорбционная способность по отношению к вяжущим выше для известняков, что обуславливает его применение в качестве активатора вяжущих. Эффективно также использование гранодиоритов в смеси с различными вяжущими; эбонитовая резина в системе с нефтяным асфальтитом, битумами типа I – II; карбонатно-битумные породы в смеси с нефтяным асфальтитом, битумом типа I и асфальтами пропановой деасфальтизации – II.

Полученные данные могут быть использованы для выбора каменного материала и резины для дорожного строительства в зависимости от их адсорбционной способности по отношению к вяжущим материалам.



УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОПИТКИ АНТИСЕПТИКОМ «УЛТАН»

Д.А. БЕЛЕНКОВ, *проф. каф. древесиноведения и спец. обр. др-ны УГЛТУ, д-р биол. наук*
Ю.Б. ЛЕВИНСКИЙ, *проф. каф. древесиноведения и спец. обр. др-ны УГЛТУ, канд. техн. наук*
Е.И. СТЕНИНА, *доц. кафедрой древесиноведения и спец. обр. др-ны УГЛТУ*

Одной из наиболее важных задач эффективного использования лесных ресурсов является повышение срока службы объектов, выполненных из древесины и древесных материалов. Среди факторов, ограничивающих долговечность деревянных элементов зданий и сооружений, поражение их дереворазрушающими грибами следует признать основным.

Разработанный в УЛТИ проф. Д.А. Беленковым совместно с учеными института химии АН Уральского ОН РФ водорастворимый трудновываемый антисептик «Ултан» считается одним из лучших препаратов, т.к. обеспечивает защиту от всех видов биоразрушителей, в том числе от домовых грибов. Это было неоднократно подтверждено соответствующими полигонными испытаниями [1].

Бурное развитие строительной индустрии способствует развитию интереса потребителей не только к качеству защитных средств, но и к качеству процесса пропитки древесины. Технологический процесс должен отличаться низкой энергоемкостью, высокой производительностью, универсальностью и экологичностью. Решение этих задач имеет большое народохозяйственное значение и теснейшим образом связано с охраной окружающей среды, безопасностью людей и экономией общественно-полезного труда.

При выборе способа пропитки древесины препаратом «Ултан» необходимо учитывать следующие обстоятельства:

1) препарат является трудновываемым, и поэтому его целесообразно использовать для консервирования древесины;

2) растворы препарата обладают высоким уровнем кислотности среды (рН 1,5...2,0), который не должен нарушаться для того, чтобы компоненты препарата находились в приемлемом для процесса обработки растворенном состоянии;

3) рабочий раствор должен контактировать с древесиной не более 1 ч., иначе

качество пропитки резко ухудшается из-за быстропротекающих химических реакций антисептика с веществами древесины;

4) пропитка нагретыми растворами должна быть исключена из-за высокой токсичности пропиточного состава;

5) не следует применять оборудование с деталями и узлами, содержащими цинк, алюминий, медь.

Соблюдение данных требований возможно при создании градиента давления в автоклавах с использованием холодного пропиточного раствора.

Для исследований была выбрана древесина сосны как наиболее распространенное и массово потребляемое в деревообработке сырье. Общеизвестным фактом является то, что заболонь сосны в отличие от ядровой ее части является легкопропитываемой. Необходимо также учитывать, что целесообразно проводить пропитку уже готовых деталей, т.е. после их механической обработки. Пиленые сосновые материалы состоят либо только из ядровой древесины (трудно пропитываемые зоны), либо она в них составляет основной объем. Поэтому стоит задача повышения пропитываемости именно такой древесины.

Определяющим направлением для движения защитных растворов при пропитке крупномерных материалов является радиальное, а проводящими путями – лучевые трахеиды, имеющие простые и окаймленные поры. Предлагаемый способ пропитки должен обеспечить повышение проницаемости маргинальной зоны окаймленных пор (рис. 1).

Как показали исследования М.О. Корнфельда [4], импульсные нагрузки, имеющие место при гидравлическом ударе, взрыве и т.п., вызывают хрупкие разрушения в упругих телах. Экстрактивные вещества, инкрустирующие маргинальную зону окаймленных пор лучевых трахеид в ядровой древесине, являются аморфными и находятся в вязко-

текущем состоянии. Микрофибриллы, ввиду упорядоченности строения и наличия кристаллических участков, близки к идеально упругим телам. Сочетание упругих и вязких свойств компонентов делает маргинальную зону композиционным материалом, который можно отнести к упруговязким телам. Поэтому импульсные нагрузки могут быть эффективными для повышения проницаемости маргинальных зон пор.

Также из механики композитов известно, что эффективными для их разрушения являются переменные нагрузки. Расчеты, выполненные В.Н. Ермолиным[2], показали, что проницаемость древесины повышается при сравнительно малых амплитудах изменения давления, когда применяются переменные нагрузки значительно меньших величин, чем предел прочности при статическом нагружении. Движущей силой переноса пропиточной жидкости является градиент давления, который проявляется как при вакууме, так и при избыточном давлении.

Согласно гипотезе, выдвинутой В.Н. Ермолиным, в ядровой древесине пропускная способность пор лучевых трахеид снижается в силу того обстоятельства, что маргинальная зона пор, инкрустированная экстрактивными веществами, имеет значительно меньшее «живое сечение», чем в заболонной части. Под действием циклических нагрузок происходит разрушение и отдельные фрагменты экстрактивных веществ удаляются из нее, но площадь «живого сечения» остается меньше площади поруса. Поэтому с одной стороны торуса возникнет повышенное гидростатическое давление. При достижении им величины, превышающей жесткость маргинальной зоны, торус смещается и закрывает вход в пору. Дальнейшее продвижение жидкости прекращается. Возвращение торуса в исходное положение возможно при уменьшении перепада давления перед ним и после него, что достигается за счет снижения давления. При возобновлении действия переменного давления начнется интенсивный перенос жидкости через эти поры, который приведет к увеличению скорости поглощения и продвижению фронта пропитки вглубь материала.

Важным моментом, влияющим на величину разрушающей нагрузки, является объем воздуха, заключенный в полостях клеток. В начальный период пропитки, когда полости клеток еще мало заняты пропиточной жидкостью, защемленный воздух является своеобразным демпфером, поэтому применение переменного давления становится неэффективным. Подтверждением этого предположения явились результаты исследований по использованию электрогидравлических ударов для пропитки, проведенных Г.П. Калачевым[3].

С целью повышения проницаемости труднопропитываемой древесины В.Н. Ермолин предложил сначала создать повышенное гидродавление для сжатия защемленного в полостях клеток воздуха, чтобы «заставить его работать» как упругое тело, затем за счет серии импульсов еще большего гидродавления «пробить» маргинальные зоны окаймленных пор. Чтобы торус мог вернуться в срединное положение в поровой камере и восстановилась проводимость поры, необходимо вновь стабилизировать гидродавление. Воздействие серии импульсов гидродавления способствует продвижению фронта пропиточной жидкости в более глубокие слои древесины.

Данный способ пропитки обеспечивает проникновение раствора защитного препарата в древесину на значительную глубину. Однако вследствие возникающей компрессии защемленного воздуха защитные вещества не удерживаются в древесине полностью, а выдавливаются сжатым воздухом после того, как внешнее гидродавление снимается.

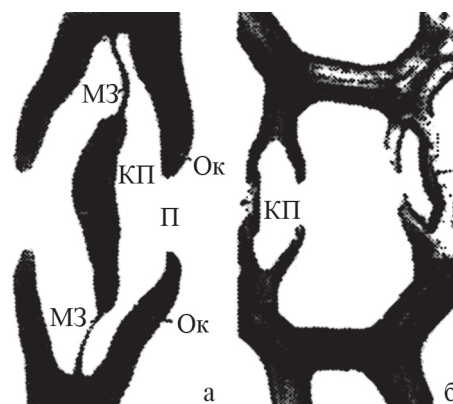


Рис. 1. Окаймленные поры вертикальных трахеид. а, б – поперечный разрез: Т – торус; МЗ – маргинальная зона; КП – камера поры; П – порус; Ок – окаймление

Величина поглощения образцов из древесины ели, пропитанных способом «вакуум–атмосферное давление», кг/м³

Параметры эксперимента	Продолжительность выдержки под вакуумом, мин.		
	5	10	20
Постепенное создание вакуума (в течение 10 мин)	2,68	3,06	3,07
«Мгновенное» создание вакуума (в течение 10 сек)	7,52	9,30	12,85

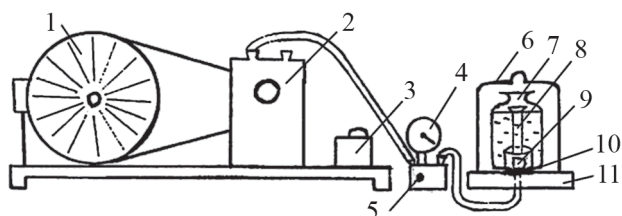


Рис. 2. Установка для измерения удаленного из образцов воздуха: 1 – электродвигатель; 2 – масляный вакуумный насос; 3 – ёмкость для воды, которая вытекает из насоса; 4 – вакуумметр; 5 – вентиль; 6 – колпак; 7 – сосуд; 8 – мензурка без дна; 9 – образец; 10 – подставка; 11 – основание

Поэтому следует полагать, что не нагнетание раствора под давлением в полости клеток, а удаление из них воздуха и воздействие на маргинальные зоны давлением жидкости напрямую будет более эффективным средством насыщения древесины антисептиком. Воздух можно удалить таким образом, чтобы его микропоток выдавливал экстрактивные вещества из маргинальных зон. Это становится возможным в случае применения импульсного режима обработки, при котором практически мгновенно создается разрежение.

Получено экспериментальное подтверждение выдвигаемой гипотезы. Для опытов была использована экспериментальная установка, схема которой приведена на рис. 2. В первой части опыта разрежение глубиной 0,08 МПа создавалось постепенно. При этом за первые 11 мин воздух выходил из древесины достаточно интенсивно, затем скорость существенно снизилась. Выделение воздуха из древесины продолжалось более суток со все более убывающей интенсивностью.

Вторая часть эксперимента заключалась в том, что разрежение создавалось практически мгновенно (за несколько секунд). Выделение воздуха из древесины происходило настолько интенсивно, что напоминало пневмовзрыв, и длилось в течение одной минуты. Затем процесс замедлялся и происходил с той же интенсив-

ностью, что и на втором этапе первого эксперимента. При повторном создании «мгновенного» вакуума вышеописанный процесс повторялся и проходил достаточно активно.

На основе проведенных исследований можно сделать вывод о том, что импульсный режим автоклавной пропитки водорастворимыми антисептиками является эффективным способом насыщения древесины защитным препаратом. Скоротечное создание разрежения в камере, своего рода «мгновенного» вакуума, обеспечивает не только быстрое удаление воздуха из структурных полостей в поверхностных слоях древесины, но и существенно повышает ее проницаемость (таблица).

При постепенном создании разрежения процесс удаления воздуха проходит менее интенсивно, вероятно, в силу того обстоятельства, что нагрузки создаются небольшие, способные лишь сместить со временем торусы окаймленных пор и перекрыть входы в поровые камеры. Аналогичные процессы проходят и при стабилизации воздействия. На основании полученных результатов определена следующая задача исследований – получение оптимальных значений параметров процесса защитной обработки древесины, особенно ядровой, проницаемость которой существенно зависит от проницаемости окаймленных пор.

Для повышения способности древесины интенсивно поглощать водорастворимые антисептики необходимо чередование переменных нагрузок, вызванных градиентом гидродавления, с выдержкой древесины при статическом давлении среды.

С целью интенсификации процесса пропитки предлагается следующее:

1) использовать импульсные нагрузки для повышения проницаемости древесины за счет практически «мгновенного» создания разрежения в автоклаве;

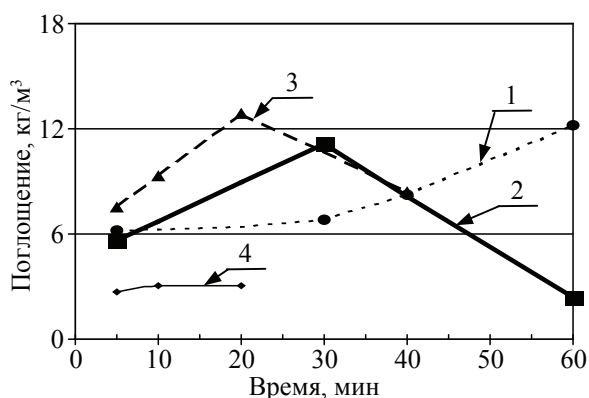


Рис. 3. График зависимости величины поглощения антисептика «Ултан» в зависимости от времени выдержки под вакуумом: 1 – сосновых заготовок с преобладанием заболони («мгновенное» создание разряжения); 2 – сосновых заготовок с преобладанием ядра («мгновенное» создание разряжения); 3 – еловых образцов («мгновенное» создание разряжения); 4 – еловых образцов (постепенное создание разряжения)

2) стабилизировать разряжение для еще большего повышения пропускной способности окаймленных пор;

3) с целью увеличения глубины проникновения защитного средства в древесный материал применить циклическое гидродавление;

4) для исключения возможности возникновения компрессии воздуха, оставшегося в древесине, ограничить величину гидродавления, создаваемого в режиме пропитки, значениями 0,1 ..., 0,2 МПа.

Эксперименты показали, что заболонь и при стационарных нагрузках (в нашем случае разряжении) пропитывается хорошо. Для ядровой и спелодревесной древесины оптимальной оказалась выдержка под разряжением в 0,08 МПа продолжительностью в 20 мин (рис. 3). Это можно объяснить тем, что про-

движение фронта пропиточной жидкости прекращается вследствие перекрытия входов в поры торусами. В заполненных раствором клетках начинаются реакции взаимодействия «Ултан» с веществами древесины с образованием кристаллов арсенатов меди и хрома, которые вытесняют непрореагировавший раствор из полостей клеток.

С целью более глубокого продвижения пропиточного раствора необходимо применить переменные нагрузки в виде циклического гидродавления, что позволит исключить смещение торусов к входам в поровые камеры. Кроме того, давление жидкости величиной 0,1–0,2 МПа не способно спровоцировать компрессию заземленного в полостях клеток воздуха, что снимает необходимость в проведении операции осушающего вакуумирования древесины для подсушки ее поверхности.

Как показали опытные пропитки, применение данных рекомендаций позволяет обеспечить требуемое качество консервирования древесины, сократив весь процесс до 1 часа, а энергопотребление – до 1 кВт/м³.

Библиографический список

1. Материалы межрегиональной научно-технической конференции «Производство, применение, свойства первого в России хромомедномышьякового (ССА) антисептика «Ултан»», Екатеринбург, 2006. – 55 с.
2. Ермолин, В.Н. Основы повышения проницаемости жидкостями древесины хвойных пород: Монография / В.Н.Ермолин. – Красноярск, СибГТУ, 1999. – 100 с.
3. Калачев, Г.П. Исследование процесса и разработка технологии пропитки древесины с использованием импульсных колебаний: дисс. ... канд. техн. наук / Г.П. Калачев. – М.: МЛТИ, 1980. – 180с.
4. Корнфельд, М.О. Упругость и прочность жидкостей / М.О. Корнфельд, – М.–Л., 1951. – 107 с.

ПРОДОЛЬНОЕ ПИЛЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ПИЛОЙ С КОСОЙ ЗАТОЧКОЙ ЗУБЬЕВ

И.Т. ГЛЕБОВ, *проф. каф. станков и инструментов УГЛТУ, канд. техн. наук,*
А.К. ГОРОХОВСКИЙ, *асс. каф. станков и инструментов УГЛТУ*

Для продольного пиления древесины используют пилы с различными зубьями: плоскими, разведенными, оснащенными пластинками твердого сплава, с косой заточкой

и т.д. Одной из задач процесса пиления является снижение энергопотребления. Для решения такой задачи зубья пилы выполняют с косой заточкой: поочередно с правой и левой заточкой.

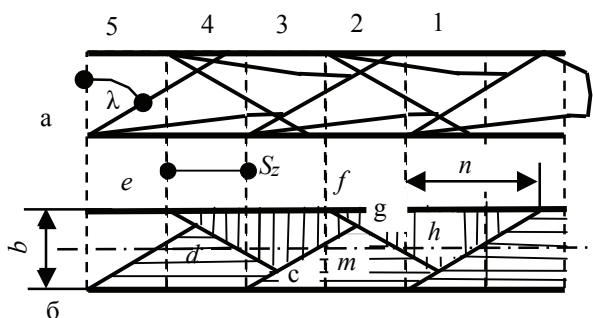


Рис. 1. Поперечные сечения срезаемых слоев: а – зубчатая кромка пилы; б – сечения срезаемых слоев

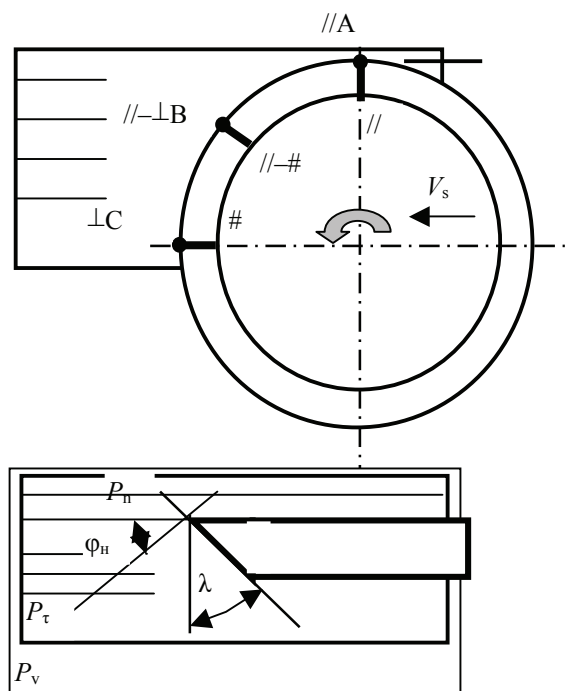


Рис. 2. Схема продольного пиления круглой пилой

На рис. 1а показан профиль зубьев кромки пилы в пропилах, на рис. 1б – сечения срезаемых слоев зубьями при одинаковой подаче на зуб S_z . Ширина пропила равна b .

Площади поперечных сечений срезаемых слоев зубьями 3, 4, 5 и т.д. одинаковы. Найдем площадь S поперечного сечения срезаемого слоя для зуба 4. Проведя ось симметрии пропила, получим $\Delta dcm = \Delta mgh$. Сложное по форме сечение срезаемого слоя заменим параллелограммом $dhfe$. Площадь его $S = 2S_z b/2$.

Средняя длина рабочей части режущей кромки равна $l_p = b / 2\cos\lambda$. Тогда средняя толщина срезаемого слоя при пилении круглой пилой

$$a_{cp} = (S / l_p) \sin\mu = 2S_z \cos\lambda \sin\mu, \quad (1)$$

где μ – угол подачи.

Эта формула получена для случая, когда величина $n > S_z$, $n = btg\lambda$, (рис. 1). Если $n \leq S_z$, то

$$a_{cp} = S_z \cos\lambda \sin\mu. \quad (2)$$

Пример. Ширина пропила $b = 3,6$ мм, подача на зуб $S_z = 0,5$ мм, угол наклона режущей кромки $\lambda = 5^\circ$ и 10° . Определить величину n и формулу для определения толщины срезаемого слоя.

Решение. $n = btg\lambda = 3,6 \text{ tg } 5^\circ = 0,315$ мм. При $\lambda = 10^\circ$ $n = 0,635$ мм.

Толщину срезаемого слоя следует находить в первом случае по формуле (2), а во втором – по (1).

На рис. 2 приведена схема пиления круглой пилой со скошенными зубьями. Если угол наклона режущей кромки $\lambda = 0^\circ$, то режущая кромка расположена перпендикулярно стенкам пропила (показана точкой). Угол встречи ϕ_b при пилении изменяется от нуля в точке А до 90° в точке С ($90^\circ \geq \phi_b \geq 0$). Процесс резания изменяется от продольного // до торцового \perp . В произвольной точке В дуги контакта имеет место продольно-торцовое резание.

Если угол наклона режущей кромки $\lambda = 90^\circ$, то режущая кромка расположена параллельно стенкам пропила (показана прямой линией). Угол скола ϕ_c при пилении изменяется от нуля в точке А до 90° в точке С ($90^\circ \geq \phi_c \geq 0$). Процесс резания изменяется от продольного // до поперечного #. В произвольной точке В дуги контакта имеет место продольно-поперечное резание, а угол скола равен углу встречи, $\phi_c = \phi_b$.

Если угол наклона режущей кромки $90^\circ > \lambda > 0$, то в произвольной точке В дуги контакта резание переходит от продольно-торцового к продольно-поперечному и получается продольно-торцово-поперечное резание, которое характеризуется углом наклона ϕ_n . Угол наклона измеряется в основной плоскости P_v между направлением волокон, направленных в массив, и главной секущей плоскостью P_τ . Из рис. 2 следует, $\phi_n = \lambda$.

Для определения сил и мощности резания необходимо знать значения фиктивной силы резания и касательного давления срезаемого слоя на переднюю поверхность зуба пилы. Для продольно-торцово-поперечного резания можно записать:

Результаты расчетов

Параметры	Пила комбинированная	Пила с прямой заточкой
Окружной шаг зубьев t_2 , мм	≈56,7	56,7
Углы: входа $\varphi_{вх}$, рад	0,888	0,888
выхода $\varphi_{вых}$, рад	1,242	1,242
контакта φ_k , рад	0,354	0,354
среднее φ_n , град	61	61
Длина дуги контакта пилы с брусом l , мм	114,9	114,9
Скорость главного движения V , м/с	51,1	51,1
Фиктивная сила резания древесины сосны, Н/мм	$p_{//\perp}$ 3,76 $p_{//\#}$ 1,17 $p_{//\perp\#}P$ 3,47	3,76 – –
Касательное давление стружки на переднюю поверхность зуба, МПа	$k_{//\perp\#}$ 23,22 $k_{//\#}$ 7,22 $k_{//\perp}$ 21,44	23,22 – –
Величина затупления $\Delta\rho$, мкм	6,7	6,7
Коэффициент затупления α_p	1,18	1,18
Значение подачи на зуб S_z , мм	0,19	0,19
Толщина срезаемого слоя a , мм	0,32	0,16
Удельная сила резания $F_{уд}$, МПа	37,98	52,52
Мощность механизма главного движения P , кВт	4,30	5,95

– фиктивная сила резания
 $p_{//\perp\#} = p_{//\perp} - (p_{//\perp} - p_{//\#})\varphi_n / 90$; (3)
 – касательное давление срезаемого слоя на переднюю поверхность зуба

$k_{//\perp\#} = k_{//\perp} - (k_{//\perp} - k_{//\#})\varphi_n / 90$, (4)
 где $p_{//\perp} = 1,57 + 0,0359 \varphi_B [1]$;

$p_{//\#} = 1,57 - 0,0065 \varphi_C$;
 $k_{//\perp} = (0,196 + 0,0039\varphi_B)\delta + (0,069 + 0,0014\varphi_B)V' - (5,4 + 0,158 \varphi_B)$;
 $k_{//\#} = (0,196 - 0,00184\varphi_C)\delta + [0,069 - (0,069 - B)0,011\varphi_C]V' - (5,4 - 0,053\varphi_C)$;
 $B_{\#} = 0,059 \div 0,069$, меньшее значение $B_{\#}$ при $\delta < 55^\circ$, большее – при $\delta > 55^\circ$;

δ – угол резания, град;
 V' – условная скорость резания, м/с, причем, если $V < 50$ м/с, то $V' = (90 - V)$, иначе $V' = V$, где V – скорость главного движения.

Если $\varphi_n = 90^\circ$, то из (3) и (4) получаем данные для продольно-поперечного резания. Если $\varphi_n = 0^\circ$, то из (3) и (4) получаем данные для продольно-торцового резания (рис. 2).

Порядок расчета поясним на примере.

Пример. На однопильном круглопильном станке распиливаются сосновые брусья на доски. Диаметр пилы $D = 650$ мм, число зубьев $z = 36$, толщина диска пилы $S = 4,4$ мм, уширение зубьев на сторону $S' = 1,2$ мм, ширина пропила $b = 6,8$ мм, зубья оснащены пластинами твердого сплава ВК15, угол резания $\delta = 70^\circ$, скорость подачи $V_s = 10$ м/мин, частота вращения пильного вала $n = 1500$ мин⁻¹. Зубья пилы имеют косую заточку с углом наклона режущей кромки $\lambda = 10^\circ$. Определить мощность механизма главного движения в сравнении с пилением пилой с зубьями прямой заточки.

Решение. Величина смещения режущей кромки зуба с косой заточкой

$n = btg\lambda = 6,8 \text{ tg } 10^\circ = 1,2$ мм.

2. Окружной шаг зубьев

$t_3 = \pi D / z = 3,14 \cdot 650 / 36 = 56,7$ мм.

3. Углы (табл. 1):

– входа $\varphi_{вх} = \arccos((h + t) / R) = \arccos((2(105 + 100)) / 650) = 0,888$ рад;

– выхода $\varphi_{вых} = \arccos(h / R) = \arccos((2 \times 105) / 650) = 1,24$ рад;

– контакта $\varphi_k = \varphi_{вых} - \varphi_{вх} = 1,24 - 0,888 = 0,354$ рад;

– среднее значение $\varphi_{cp} = \varphi_B = \mu = (\varphi_{вх} + \varphi_{вых}) / 2 = (0,888 + 1,24) / 2 = 1,065$ рад = 61° .

4. Длина дуги контакта пилы с брусом $l = \varphi_k D / 2 = 0,354 \cdot 650 / 2 = 114,9$ мм.

5. Скорость главного движения

$V = \pi D n / 60 \cdot 000 = 3,14 \cdot 650 \cdot 1500 / 60 \cdot 000 = 51,1$ м/с.

6. Фиктивная сила резания древесины сосны:

– $p_{//\perp} = 1,57 + 0,0359\varphi_B = 1,57 + 0,0359 \cdot 61 = 3,76$ Н/мм;

– $p_{//\#} = 1,57 - 0,0065 \varphi_C = 1,57 - 0,0065 \cdot 61 = 1,17$ Н/мм;

– $p_{//\perp\#} = p_{//\perp} - (p_{//\perp} - p_{//\#})\varphi_n / 90 = 3,76 - (3,76 - 1,17)10/90 = 3,47$ Н/мм.

7. Касательное давление стружки на переднюю поверхность зуба:

– $k_{//\perp} = (0,196 + 0,0039 \cdot 61)70 + (0,069 + 0,0014 \cdot 61) \cdot 51,1 - (5,4 + 0,158 \cdot 61) = 23,2$ МПа;

– $k_{//\#} = 7,2$ МПа;

– $k_{//\perp\#} = k_{//\perp} - (k_{//\perp} - k_{//\#})\varphi_n / 90 = 23,2 - (23,2 - 7,2) \cdot 10/90 = 21,4$ МПа.

8. Величина затупления режущей кромки зуба

$\Delta\rho = \gamma_\Delta \ln TK_n K_n / 1000 = 0,0001 \cdot 114,9 \times 1500 \cdot 480 \cdot 0,9 \cdot 0,9 / 1000 = 6,7$ мкм.

9. Коэффициент затупления при $\rho_o = 10$ мкм [2]

$$\alpha_p = 1 + (1 + 0,1 \frac{k}{p}) \frac{\Delta_p}{\rho_o + 50} =$$

$$= 1 + (1 + 0,1 \frac{22,04}{3,57}) \frac{6,7}{10 + 50} = 1,18.$$

10. Значение подачи на зуб

$$S_z = 1000 V_s / zn = 1000 \cdot 10 / (36 \cdot 1500) = 0,19 \text{ мм.}$$

11. Толщина срезаемого слоя зубом пилы

$$a_{cp} = 2S_z \cos \lambda \sin \mu =$$

$$= 2 \cdot 0,19 \cdot \cos 10^\circ \sin 61^\circ = 0,32 \text{ мм.}$$

12. Удельная сила резания

$$F_{уд} = a_n a_w a_b (k + (\alpha_p p / a) + (\alpha_{\Delta} p / b)) =$$

$$= 1 \times 0,89 \times 1(21,44 + ((1,18 \times 3,47) / 0,32) +$$

$$+ ((0,57 \times 100) / 6,8)) = 37,98 \text{ МПа.}$$

13. Мощность механизма главного движения при работе пилой с комбинированными зубьями

$$P_k = F_{уд} b t V_s / (60 \times 1000) = (50,49 \times 6,8 \times$$

$$\times 100 \times 10) / (60 \times 1000) = 4,30 \text{ кВт.}$$

При использовании пилы с прямыми зубьями мощность равна $P_n = 5,95$ кВт. При формировании зубьев только с косой заточкой $P_k = 4,30$ кВт. С увеличением угла наклона режущих кромок мощность на пиление можно уменьшить. Так при $\lambda = 20^\circ$ $P_k = 4,08$ кВт, при $\lambda = 30^\circ$ $P_k = 3,88$ кВт.

Таким образом, формирование у круглых пил зубьев с косой заточкой по сравнению с прямыми зубьями позволяет снизить мощность на пиление соответственно на 28, 31 и 35 %.

Библиографический список

1. Глебов, И.Т. Резание древесины: учебное пособие / И.Т. Глебов. – Екатеринбург: УГЛТА, 2001. – 151 с.
2. Глебов, И.Т. Резание древесины: избранные лекции / И.Т. Глебов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2005. – 99 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ НОЖЕЙ ГАРНИТУРЫ МЕЛЬНИЦ ПРИ РАЗМОЛЕ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

С.Н. ВИХАРЕВ, доц. УГЛТУ, канд. техн. наук,

С.А. ДУШИНИНА, асп. УГЛТУ

Колебания ножей создают большие дополнительные напряжения в них, вызывают усталостные явления в материале. Вследствие этого с течением времени происходит разрушение ножей.

Нож как всякая упругая конструкция обладает спектром собственных частот и колебаний. Эти показатели являются определяющими, так как полностью представляют динамические свойства ножей, их способности отзываться на различные виды воздействий и колебательные процессы. Поэтому расчет и исследования спектров собственных частот и форм колебаний ножей гарнитуры является первой задачей при вибрационном проектировании.

Для расчета частот и форм собственных колебаний можно применить стержневую и пространственную (метод конечных элементов) теории [1]. Стержневые теории дают результаты, хорошо согласующиеся с опытными данными для первых трех-четырёх форм колебаний. Так как практический интерес пред-

ставляют первые формы колебаний, то используем стержневую теорию колебаний.

Назначение расчетных методов – найти приближенные оценки частот и форм колебаний, установить влияние геометрических факторов и параметров нагружения (частоты вращения, угла наклона к радиусу) на свободные колебания. Возмущающие силы возникают в результате взаимодействия ножей гарнитуры при размоле и пульсации массы. К основным их типам относятся демпфирование в материале гарнитуры, конструкционное и демпфированное колебания ножей в волокнистой массе.

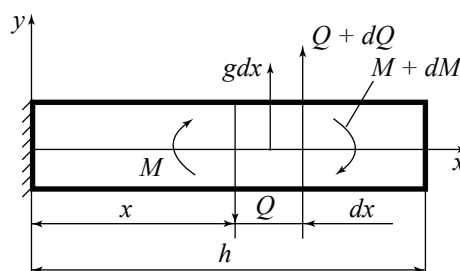


Рис. 1. Динамическая модель изгибных колебаний ножей гарнитуры

Рассмотрим модель изгибных колебаний ножа гарнитуры (рис. 1) без учета влияния центробежных сил.

Дифференциальные уравнения изгибных колебаний

$$dM + Qdx = 0, \quad (1)$$

$$dQ + gdx = 0, \quad (2)$$

$$M = EJ \frac{d^2 y}{dx^2}, \quad (3)$$

где J – момент инерции сечения ножа при изгибе;

E – модуль продольной упругости материала ножа;

g – интенсивность инерционной поперечной нагрузки.

Уравнения (1) и (2) представляют собой условия равновесия моментов и сил бесконечного малого элемента ножа dx , а (3) связывает его изгибную деформацию с изгибающим моментом.

Для гармонических колебаний

$$g = mY\omega_0^2, \quad (4)$$

где m – масса единицы длины ножа гарнитуры;

Y – амплитуда колебаний в данном сечении;

ω_0 – угловая частота собственных колебаний ножа.

Решая совместно (1–4) и последовательно исключая Q и M , получаем

$$\frac{d^2}{dx^2} \left(EJ \frac{d^2 Y}{dx^2} \right) - m\omega_0^2 Y = 0. \quad (5)$$

Введем безразмерную координату $\xi = x / e$ и, разделив оба члена на жесткость EJ , имеем уравнение с переменными коэффициентами

$$\frac{d^2}{d\xi^2} \left(\frac{d^2 Y}{d\xi^2} \right) - k^4 Y = 0. \quad (6)$$

Все геометрические величины, ρ и E материала ножа заключены в единственном параметре k^4

$$k^4 = \frac{m\omega_0^2 h^4}{EJ}, \quad (7)$$

где $m = \rho F_0$ – удельная масса участка ножа единичной длины.

Частота свободных колебаний ножа

$$\omega_0 = \frac{k^2}{h^2} \sqrt{\frac{EJ}{m}}. \quad (8)$$

Параметр k определяется при решении дифференциального уравнения (6). Его реше-

ние в замкнутой форме возможно лишь для ножа постоянного сечения. Для ножа постоянного сечения уравнение (6) приобретает вид

$$\frac{d^4 Y}{d\xi^4} - k^4 Y = 0. \quad (9)$$

Его общее решение составляется из четырех частных решений и может быть записано в виде

$$y = C_1 chk\xi + C_2 chk\xi + C_3 \cos k\xi + C_4 \sin k\xi. \quad (10)$$

Коэффициенты C_1, C_2, C_3, C_4 определяются по задаваемым граничным условиям. Ножи гарнитуры, как правило, одним концом заделываются в основание гарнитуры, а другой конец свободный. Граничные условия для этого случая определяются следующими равенствами

$$\text{при } \xi = 0; Y_0 = 0; \theta_0 = \left(\frac{dY}{d\xi} \right)_0 = 0,$$

$$\text{при } \xi = 1; M = 0; \left(\frac{d^2 Y}{d\xi^2} \right)_{\xi=1} = 0 \quad Q = 0, \quad (11)$$

$$\left(\frac{d^3 y}{d\xi^3} \right)_{\xi=1} = 0.$$

Согласно первым двум условиям решение (10)

$$C_1 + C_3 = 0; C_2 = -C_4.$$

Из вторых двух равенств получаем уравнение

$$C_1 chk + C_2 chk - C_3 \cos k - C_4 \sin k = 0,$$

$$C_1 chk + C_2 chk + C_3 \sin k - C_4 \cos k = 0.$$

Полученные равенства дают значения искомых коэффициентов, отличных от нуля в том случае, если определитель этих уравнений равен нулю

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ chk & shk & -\cos k & -\sin k \\ shk & chk & \sin k & -\cos k \end{vmatrix} = 0. \quad (12)$$

Определитель можно преобразовать в уравнение

$$1 + chk \cos k = 0. \quad (13)$$

Уравнение (13) – частное, из которого определяется параметр для формулы частоты (8), корни уравнения (8) $k_1 = 1,875; k_2 = 4,694; \dots k_n = (n - 0,5)\pi$.

Исследуем следующие факторы, влияющие на собственные изгибные колебания ножей: износ гарнитуры, ширина ножей гарнитуры, длина ножа.

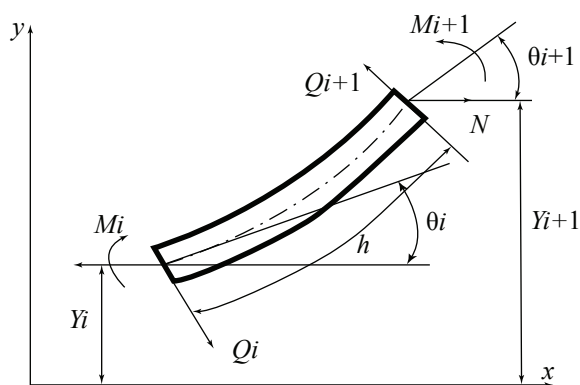


Рис. 2. Расчетная схема растянутого участка ножа гарнитуры

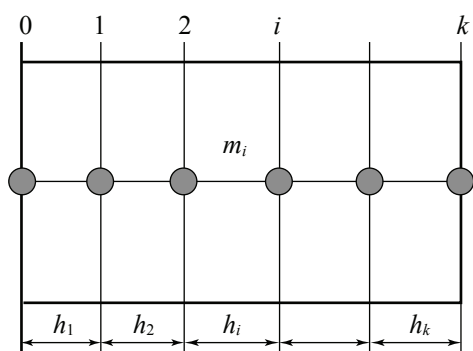


Рис. 3. Расчетная модель ножа

Введем в формулу (8) величину износа ножей u

$$\omega_0 = \frac{k^2}{(h-u)^2} \sqrt{\frac{EJ}{m}}, \quad (14)$$

где u – величина износа ножей.

Рассмотрим деформацию невесомого участка ножа гарнитуры постоянного сечения с учетом действия растягивающей силы N (рис. 2).

Связь между кривизной упругой линии участка ножа в сечении с координатой x и изгибающим моментом [1]

$$M = EJ \frac{d^2 Y}{dx^2}. \quad (15)$$

Изгибающий момент в сечении выразим с помощью усилий, действующих в начальном сечении

$$M = M_i - Q_i x + N(y - Y_i). \quad (16)$$

Приравняв правые части равенств (15) и (16), получим уравнение

$$EJ \frac{d^2 y}{dx^2} - NY = M_i - Q_i x - NY_i. \quad (17)$$

Обозначим

$$\frac{N}{EJ} = \nu^2. \quad (18)$$

Тогда дифференциальное уравнение примет вид

$$\frac{d^2 y}{dx^2} - \nu^2 y = \frac{M_i}{EJ} - \frac{Q_i}{EJ} x - \nu^2 Y_i. \quad (19)$$

Решение уравнения (19) будет

$$y = C_1 ch\nu x + C_2 sh\nu x - \frac{M_i}{\nu^2 EJ} + \frac{Q_i}{\nu^2 EJ} x + Y_i. \quad (20)$$

Постоянные в (20) C_1 и C_2 определяются из условий при $x = 0, y = Y_i, \theta = \theta_i$. Окончательно решение (20) будет

$$y = Y_i + \theta_i \frac{sh\nu x}{\nu} + \frac{M_i}{\nu^2 EJ} (ch\nu x - 1) + \frac{Q_i}{\nu^2 EJ} \left(x - \frac{sh\nu x}{\nu}\right). \quad (21)$$

Производная выражения (21) дает угол θ

$$\theta = \theta_i ch\nu x + \frac{M_i}{EJ} \frac{sh\nu x}{\nu} + \frac{Q_i}{\nu^2 EJ} (1 - ch\nu x). \quad (22)$$

Приравняв $x = h$, получим формулы прогиба конца участка ножа и угла поворота сечения в виде

$$Y_{i+1} = Y_i + \theta h \varepsilon_1 + M_i \alpha_{12} \varepsilon_2 + Q_i (\alpha_{11} - \alpha_{12} h) \varepsilon_3, \quad (23)$$

$$\theta_{i+1} = \theta_i ch\nu h + M_i \alpha_{22} \varepsilon_1 - Q_i \alpha_{21} \varepsilon_2, \quad (24)$$

где $\alpha_{12}, \alpha_{11}, \alpha_{22}, \alpha_{21}$ – податливость участка ножа гарнитуры;

$$\varepsilon_1 = \frac{sh\nu h}{\nu h}; \quad \varepsilon_2 = 2 \frac{ch\nu h - 1}{\nu^2 h^2}; \quad \varepsilon_3 = 6 \frac{sh\nu h - \nu h}{\nu^3 h^3}.$$

Формулу момента получим из (16), подставив в нее решение (21) и приняв $x = h$

$$M_{i+1} = \theta_i N h \varepsilon_1 + M_i ch\nu h - \theta_i h \varepsilon_1. \quad (25)$$

Проекция на ось y дает $Q_{i+1} = Q_i$ (рис. 2).

Матричная форма связи между параметрами по формулам (23–25) запишется

$$\begin{pmatrix} Y \\ \theta \\ M \\ Q_{i+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & h\varepsilon_1 & \alpha_{12}\varepsilon_2 & (\alpha_{11} - \alpha_{12}h)\varepsilon_3 \\ 0 & ch\nu h & \alpha_{22}\varepsilon_1 & -\alpha_{21}\varepsilon_2 \\ 0 & N h \varepsilon_1 & ch\nu h & -h\varepsilon_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} Y \\ \theta \\ M \\ Q_i \end{pmatrix}. \quad (26)$$

Для расчета нож разбиваем на ряд участков (рис. 3).

Каждый участок ножа имеет в общем случае постоянное сечение. Заметим, что при ножах гарнитуры переменного сечения каждый участок заменяют участком постоянного сечения, равного среднему значению в пределах участка. Масса участка ножа разносится по его концам.

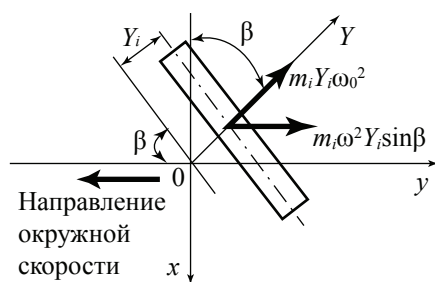


Рис. 4. Влияние угла β установки ножа гарнитуры на возникновение инерционных сил

Таким образом, в каждом сечении будут находиться дискретные массы, равные полусумме масс смежных участков

$$m_i = \rho F_i h_i,$$

где ρ – плотность материала ножа;

F_i – площадь i -го поперечного сечения ножа;

h_i – высота i -го участка ножа.

Участок между массами считается невесомым. Его податливость определяется коэффициентами α_{11} , α_{12} , α_{21} , α_{22} . Для расчета ножа используются две квадратные матрицы.

Матрица участка ножа

$$\begin{vmatrix} 1 & h & \alpha_{12} & \alpha_{11} - \alpha_{12}h \\ 0 & 1 & \alpha_{22} & \alpha_{12} - \alpha_{22}h \\ 0 & 0 & 1 & -h \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}. \quad (27)$$

Матрица точечной массы

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -m_i \omega_0^2 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}. \quad (28)$$

Заметим, что при жесткой заделке ножа столбец параметров

$$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ M_0 \\ Q_0 \end{vmatrix}$$

Для каждого участка ножа продольная сила N равна сумме сил всех масс, расположенных выше участка

$$N_i = \sum_{i=1}^k m_i r_i \omega^2, \quad (29)$$

где r_i – расстояние от оси вращения ротора мельницы до соответствующей точечной массы m_i ;

ω – угловая частота вращения ротора.

Если нож установлен под некоторым углом β к радиусу гарнитуры, то его прогиб на величину Y_i в плоскости колебаний дает смещение в окружном направлении на величину $Y_i \sin \beta$ (рис. 4).

Тогда возникает окружная инерционная сила на каждой точечной массе ножа, равная $m_i \omega^2 Y_i \sin \beta$. Проектируя эту силу на плоскость колебаний и складывая ее с инертной силой колебательного движения, получим полную поперечную инерционную силу

$$P_i = m_i (\omega_{об}^2 + \omega^2 \sin^2 \beta) Y_i, \quad (30)$$

где $\omega_{об}$ – частота собственных колебаний при установке ножа под углом β к радиусу гарнитуры.

В соответствии с (30) матрица перехода через точечную массу (28) примет вид

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -m_i (\omega_{об}^2 + \omega^2 \sin^2 \beta) & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}. \quad (31)$$

Если сумму, стоящую в скобках, принять за квадрат условной частоты ω_0^2 , то вместо матрицы (31) можно воспользоваться матрицей (28). Тогда, определив значения ω_0^2 , найдем частоты собственных колебаний по формуле

$$\omega_{об}^2 = \sqrt{\omega_0^2 + \omega^2 \sin^2 \beta}, \quad (32)$$

где ω_0 – частота собственных колебаний, определенная по формуле (8).

Получена формула (14) для определения собственной частоты колебаний ножей с учетом их износа.

Из формулы (32) следует, что на частоты свободных изгибных колебаний ножа оказывает влияние частота вращения ротора ω и угол установки ножа к радиусу гарнитуры β .

Библиографический список

1. Вибрация в технике: Справочник. Т.1. Колебания линейных систем; под ред. В.В. Болотина. – М.: Машиностроение, 1978. – 352 с.

ОБЪЕМНАЯ ТВЕРДОСТЬ КАК ФАКТОР РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

А.П. КОМИССАРОВ, проф. каф. деталей машин и графики УрГСХА, д-р техн. наук,
 Е.А. ПАМФИЛОВ, проф. БГИТА, д-р техн. наук,
 Ю.И. ТРАКАЛО, доц. УГЛТУ, канд. техн. наук,
 Ю.Б. ЛЕВИНСКИЙ, проф. каф. древесиноведения УГЛТУ, канд. техн. наук

При создании эффективных технологий тепловой обработки древесины уделяется особое внимание обоснованию и подбору рационального способа нагрева, определению экономичного режима, обеспечивающего сохранность физико-механических показателей и природных характеристик материалов.

Однако недостаточная изученность изменения свойств древесины в процессе ее тепловой обработки не позволяет во многих случаях осуществить выработку эффективных технологий. Поэтому важно изыскать технически приемлемые и достоверные способы определения таких показателей, как твердость, плотность, жесткость, модуль упругости.

Известно, что твердость древесины зависит от ее влажности и температуры нагрева. Кроме того, на величину твердости в значительной степени влияет структура древесины и направление волокон. Поэтому для учета совокупности вышеперечисленных факторов необходимо пользоваться интегрированным показателем твердости древесины, т.е. объемной твердостью. Такая характеристика при определенных значениях влажности и температуры позволит более точно прогнозировать состояние древесины в процессе строгания, лущения и прессования, а следовательно, получать продукцию более высокого качества.

Испытания на статическую твердость по Б.Н. Уголеву [1] проводят на торцевой, радиальной и тангенциальной поверхностях образца древесины путем вдавливания стального пуансона. Образцы изготавливают в форме прямоугольной призмы сечением 50×50 мм и длиной по направлению волокон не менее 50 мм. Для испытаний используется пуансон с полусферическим наконечником, который вдавливается в древесину за 1–2 мин на глубину радиуса 5,64 мм (это определяется по показаниям индикатора). В конце нагружения

по шкале силоизмерителя машины регистрируют величину нагрузки РН. Площадь проекции отпечатка – 100 мм^2 . Результаты определения твердости древесины различных пород этим методом используются для теоретических и практических расчетов, не связанных с ее нагреванием.

При изменении температуры древесины ее физико-механические показатели, в т.ч. и твердость, также изменяются. Это отражается на качестве обработки материала, например при получении строганого шпона. Объемная твердость – это интегрированная оценка, которая определяется без разделения показателей по направлениям годовичных слоев или волокон древесины. Для лабораторного испытания используются прямоугольные призмы сечением 50×50 мм (рис. 1).

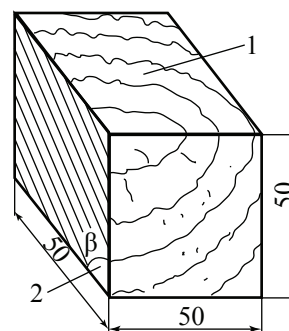


Рис. 1. Образец древесины для определения объемной твердости: 1 – зона внедрения пуансона в древесину; 2 – угол наклона волокон древесины к оси образца

Особенность их состоит в том, что волокна древесины располагаются под углом 45° с таким расчетом, чтобы $1/3$ сектора пуансона соприкасалась с торцевой поверхностью, $1/3$ – с радиальной и $1/3$ – с тангенциальной поверхностью. Пуансон с полусферическим наконечником вдавливается за 1–2 мин на глубину по радиусу 2,82 мм, а в конце нагружения по шкале силоизмерителя машины отсчитывают нагрузку Р. В отличие

от классического метода в данном случае необходимо знать степень сопротивления древесины вдавливанию пуансона не по площади проекции, а по ее объему. При проведении исследований было установлено, что процесс определения так называемой объемной твердости складывается из трех основных этапов (рис. 2).

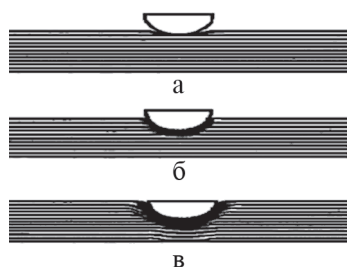


Рис. 2. Внедрение пуансона в древесину: а – первая фаза внедрения (0,7 мм), б – вторая фаза внедрения (2,8 мм), в – третья фаза внедрения (5,64 мм)

I этап – вдавливание на глубину от 0 до 0,7 мм, который сопровождается прогибанием поверхности древесины. При этом $P_{\text{мин}}$ (1,5 слоев – 1,5 %). II этап – разрушение структуры (волокон) древесины на глубину от 1,6 до 2,1 мм, (всего 2,8 мм). При этом $P_{\text{иск}}$ (4,1 слоя – 43,5 %). III этап – прессование разрушенной структуры (волокон) древесины на глубину от 2,9 до 5,64 мм. При этом $P_{\text{мах}}$ (7,5 слоев – 55,0 %). Таким образом, внедрять пуансон на глубину более 2,8 мм не имеет смысла.

Второй этап взаимодействия пуансона испытательного устройства с образцом характеризует разрушение структуры древесины и дает объективную оценку ее объемной твердости по одновременно складывающимся с трех сторон (в трех направлениях волокон древесины) сопротивлениям. Исследования подтверждают, что средняя величина заглубления пуансона в конце второй фазы составляет 2,8 мм. При этом для измерения размеров отпечатка использовался микроскоп МПБ-2 и индикатор. Аналогичный процесс описан в книге Б.Н. Уголева [1], где приведена типичная трехфазная диаграмма сжатия, отражающая связь между напряжениями и деформациями (рис. 3). Необходимо точно определить момент отсчета по шкале силоизмерителя нагрузки P , а именно до резкого пе-

рехода в третью фазу, когда начинает происходить уплотнение древесины (прессование). В процессе получения шпона очень важно точно знать необходимую температуру нагрева бруса, чтобы обеспечить высокое качество шпона.

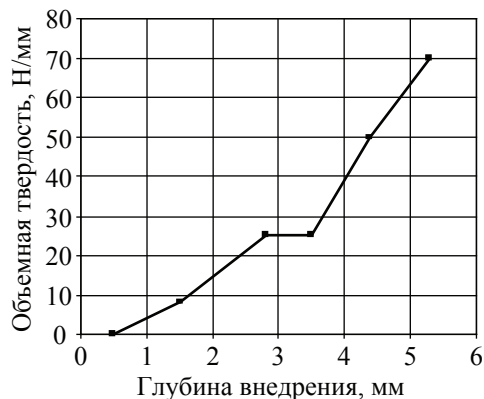


Рис. 3. График зависимости твердости древесины от глубины внедрения пуансона

При срезании листов шпона на шпонострогальном станке присутствуют все три разреза: тангенциальный, радиальный и по направлению волокон. Такое положение обусловлено тем, что строгание брусьев осуществляется от вершинной части к комлевой. Кроме этого, нож шпонострогального станка имеет угол наклона до 12° по отношению к направлению перемещения суппорта станка. Шпон получается в основном тангенциального и радиального среза. Полуторцовый срез при строгании бруса также присутствует ввиду наличия угла наклона волокон в брус и наклона ножа по отношению к направлению строгания. Поскольку шпона торцового среза не существует, то определять объемную твердость на торцевом разрезе не имеет практического смысла. По Б.Н. Уголеву [1] у большинства пород древесины наибольшее значение твердости наблюдается на тангенциальном разрезе.

При исследованиях, решая задачу получения высококачественного шпона тангенциального разреза (определяя оптимальную температуру нагрева древесины при ее строгании), мы установили, что радиальный шпон необходимо вырабатывать при этой же температуре. Очевидно, что определять объемную твердость на радиальном разрезе также нет

необходимости. Экспериментально-опытные изыскания показали, что величина объемной твердости на радиальном разрезе меньше, чем на тангенциальном. Поэтому образец (рис. 1) имеет на верхней поверхности тангенциальный разрез, где указано точкой место внедрения головки пуансона. Проводить опыты на других разрезах не имело смысла, т.к. при внедрении пуансона (рис. 1) в точке 1 мы получаем совокупность сопротивления волокон древесины, ориентированных под углом 45° (трех разрезов), т.е. объемную твердость. Примененная методика исследований по определению объемной твердости согласуется с принципами проведения исследований на древесине Б.Н. Уголева [1]. В частности, утверждается, что модули упругости могут быть определены косвенным путем при испытании на сжатие образцов, оси которых параллельны одному из главных направлений упругой симметрии и составляют углы 45° с другими главными направлениями.

Определение объемной твердости связано с двумя процессами.

1. Процесс вытеснения древесины, составляющей объем V_1 и соответствующий объему начального сегмента.

2. Процесс вдавливания вытесненной древесины, обволакивающей головку пуансона, ввиду высоких коэффициентов трения соприкасающихся материалов сопровождается увеличением поверхности шарового сегмента, которая фактически сформирует несколько увеличенный объем V_2 .

Некоторая величина нагрузки будет приходиться на объем $V_3 = V_2 - V_1$. После определения объема шарового сегмента V_4 с учетом V_3 и сравнивая его с объемом сектора, в котором не учитывается объем вдавливаемой древесины V_3 , было установлено, что при заданных размерах R и h формулы дают близкую величину объема и ошибка при этом составила 2,2 %. В качестве основной была принята формула объема сектора. Исходя из этого получаем формулу для определения твердости с учетом объема вдавливаемой древесины или объемной твердости

$$\sigma = 3P / \pi R^3 \text{ кН/м}^3. \quad (1)$$

В данном случае полученная интегральная величина «объемной твердости» ос-

нована на сущности метода интегрального исчисления [3], применяемого для решения математических и физических задач. Сущность вычислений состоит в том, что через определенные интегралы выражаются не только площади, но и объемы. Это и было принято за основу понимания «объемной твердости» как физической величины, а не математической. В данном конкретном случае «объемная твердость» древесины – это одновременно полученная совокупность сопротивлений, препятствующих вдавливанию головки пуансона в древесину, сочетающая в объеме три разреза (вида): тангенциальный, радиальный и торцовый.

На практике тепловой поток при нагреве сортиментов фактически осуществляется по всем трем направлениям: радиальному, тангенциальному и торцовому, т.к. чистых разрезов древесины при выработке из нее шпона или других продуктов нет. Чтобы выразить результат воздействия всей совокупности направлений теплового потока, необходимо это выполнить через адекватную величину, которой может быть жесткость древесины.

Жесткость древесины – это опосредованная величина, характеризующая особенности каждой породы, оказывающая при размягчении определенное сопротивление воздействию температуры среды. Для этой цели вводится понятие безразмерной величины жесткости, выражающейся отношением объемной твердости к плотности, которая характеризует степень сопротивляемости древесины тепловому воздействию. Благодаря введению нового понятия безразмерной величины жесткости и на основании проведенных исследований на древесине лиственницы, березы, ясеня составлены режимы гидротермической обработки брусьев, ванчесов в насыщенном паре при температуре 100°C для 12 пород древесины, дана зависимость оптимальной температуры нагрева от жесткости древесины.

Под оптимальной температурой понимается температура, когда эластичность периферийных и центральных зон имеет одинаковое значение, т.е. наиболее соответствует условиям строгания древесины на фанеро-

строгальном станке и решает при этом задачу получения высококачественного шпона. В этом случае отпадает необходимость при определении тепловых коэффициентов пользоваться большим количеством разнообразных фиксированных величин, учитывающих структуру и физические особенности древесины, так как в понятие жесткость они вошли в скрытом виде. Что касается таких особенностей отдельных пород, как пористость, процент поздней древесины, то их влияние на тепловые коэффициенты может быть выражено также через жесткость.

С повышением влажности и температуры жесткость уменьшается, а эластичность возрастает. Проверка результатов исследования по методике Н.Л. Леонтьева [4] доказывает правомерность понятия объемная твердость. При строгании древесины нож шпонострогального станка проходит под некоторым углом к волокнам древесины, и поэтому срезание слоя осуществляется в продольно-поперечном направлении. При резании от кончика лезвия ножа древесина испытывает сначала сжатие вдоль волокон и затем перерезание их. Воспользуемся формулой Н.Л. Леонтьева [4], которая позволяет определить влияние температуры на прочность древесины

$$\sigma = \sigma_{20} - \beta (t - 20), \quad (2)$$

где β – поправочное число на температуру, МПа, (ель – 0,25, сосна – 0,35, лиственница, ясень – 0,45);

t – ель (35°), сосна (40°), лиственница (45°), ясень (70°) (экспериментальные данные авторов);

σ_{20} – ель (19), сосна (21), лиственница (25), ясень (36), МПа.

Расчет показал, что рекомендуемые значения температур, полученные с помощью объемной твердости, находят подтверждение в том, что строгание перечисленных пород древесины происходит при одной и той же величине сжатия вдоль волокон – 14–15 МПа, полученной благодаря нагреванию каждой породы древесины до необходимой температуры, которая обеспечивает получение шпона высокого качества. Введение понятия объемная твердость подтверждается и другими исследователями, но не для древесины, а для металлов [5].

Благодаря введению нового понятия объемная твердость древесины, удалось выявить и научно обосновать:

1. Зависимости степени жесткости древесины от плотности, объемной твердости, влажности и температуры нагрева древесины.

2. Метод определения необходимой температуры нагрева древесины для получения высококачественного строганого шпона в зависимости от состояния и структуры древесины.

3. Зависимость величины шероховатости поверхности шпона от температуры нагрева древесины.

4. Метод определения расхода тепла на нагревание древесины при ее пропаривании.

5. Режимы гидротермической обработки древесины, предназначенной для получения шпона на шпонострогальных станках.

Кроме того, при расчетах деревянных конструкций на прочность используют данные физико-механических свойств, приведенные в книге Б.Н. Уголева [1]. Однако на разрушение конструкций при эксплуатации большое влияние оказывает термоклиматическое воздействие среды, когда температура изменяется от -50° до $+50^\circ$, а древесина то впитывает влагу, то отдает ее в атмосферу. Использование показателя объемной твердости позволяет дать дополнительную оценку состояния конструкций по степени жесткости или эластичности. Из вышеизложенного следует, что введение понятия объемная твердость расширяет возможности теории и практики проблем тепловой обработки древесины, обеспечения качества и надежности изделий.

Библиографический список

1. Уголев, Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения / Б.Н. Уголев. – М.: МГУЛ. – 2001.
2. Выгодский, М.Я. Справочник по элементарной математике / М.Я. Выгодский – М.: Наука – 1968. – С. 317.
3. Советский энциклопедический словарь. Раздел интегральное исчисление – М., 1982. – С. 500.
4. Леонтьев, Н.Л. Техника испытаний древесины / Н.Л. Леонтьев. – М.: Лесная пром-сть, 1970.
5. Золотаревский, В.С. Механические свойства металлов / В.С. Золотаревский. – М.: Металлургия. – 1983.

Аткина Л.И., Вишнякова С.В. ВЛИЯНИЕ ВЫБРОСОВ АВТОТРАНСПОРТА НА АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ХВОИ ЕЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ЕКАТЕРИНБУРГА.

В статье показаны особенности параметров хвои деревьев ели обыкновенной, произрастающей на участках с различным уровнем загрязнения автотранспортом. Установлено, какое количество хвоинок необходимо для анализа, чтобы обеспечить достоверность данных. Сделаны выводы об изменении формы поперечного сечения хвои и размещении проводящего пучка в зависимости от расположения хвои в кроне дерева и степени загрязнения.

Atkina L.I., Vishnyakova S.V. INFLUENCE SURGE MOTOR TRANSPORT ON ANATOMICAL PARTICULARITIES OF PINE-NEEDLES ATED TO BE COMMON IN CONDITION EKATERINBURG.

In article are shown particularities parameter to pine-needles tree ated common, sprouting on area with different level by air contamination motor transport. It is installed, what amount pine-needles required for analysis to provide validity data. Findings are made about change the form of the cross-section to pine-needles and accomodation conducting bunch depending on locations of pine-needles in krona tree and degree of the contamination.

Дубинин А.Е., Мумбер А.Г., Григорьев В.В., Платонов Е.Ю., Ольховка И.Э. ХРОНОЛОГИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В ИЛЬМЕНСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ.

Представлен ретроспективный анализ архивных материалов о лесных пожарах за последние 150 лет и собственных исследований пожарных поранений стволов деревьев с пробных площадей. Установлены закономерности в территориальном распределении и повторяемости лесных пожаров, их воздействие на хвойные насаждения.

Dubinina A.E., Mumber A.G., Grigoriev V.V., Platonov E.U., Olxovca I.E. CHRONOLOGY of WILDFIRES IN ILMEN STATE RESERVE.

The retrospective analysis of wildfires for the last 150 years by means of archive materials and own studies of fire wounding stems on trees with test areas is presented. The regularities in distribution and repeatability of the wildfires and their influence on coniferous plantings were established.

Залесов С.Л., Луганский В.Н., Толкач О.В. ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЕ В ПРИГОРОДНЫХ ЛЕСАХ СРЕДНЕГО УРАЛА С УЧЕТОМ ГРАДИЕНТА ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ.

Корреляционным анализом между количеством среднего и мелкого подроста ели и пихты и уровнем загрязнения почвы (ПДК 3, 10, 100) подвижными формами меди установлена тесная обратно пропорциональная связь. У растений ели и пихты выше двух метров связь количества подроста с уровнем загрязнения почвы отсутствует. В перспективе сосновые насаждения на исследованных площадях заменятся пихтовыми, с примесью ели.

Zalesov S.L., Luganskii V.N., Tolkach O.V. REFORESTATION IN SUBURBAN FOREST OF THE MIDDLE URALS HANING REGARD TO THE GRADIENT OF SOIL TECHNICAL CONTAMINATION.

By a correlation analysis between quantity of the spruce and the fir middle and small regrowth and a level of soil pollution (maximum concentration limit 3, 10, 100) by copper mobile forms was found close inverse proportional connection. For higher than two meters spruce and fur trees there was not connection between regrowth amount and a level of soil contamination. In prospect the pine stands on the investigated sites will be replaced by the fir with inclusion of the spruce.

Залесов С.В., Абрамова Л.П., Луганский Н.А. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ КУЛЬТУРЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И ЛИСТВЕННОЙ СУКАЧЕВА НА ЮЖНОМ УРАЛЕ.

В статье обобщен опыт выращивания предварительных культур сосны обыкновенной (*Pinus silvestris*) и лиственницы Сукачева (*Larix Sykachovi*) на Южном Урале. Проанализированы состояние, рост и фитомасса предварительных культур в зависимости от полноты лиственного древостоя. Даны рекомендации по созданию предварительных культур и удалению лиственного древостоя.

Zalesov S.V., Abramova L.P., Lugansky N.A. THE PRELIMINARY UNDERCANOPY PLANTATION OF SCOTS PINE AND SYKACHOVI LARCH ON SOUTHERN URAL.

The experience of cultivation of preliminary undercanopy plantation of a pine (*Pinus silvestris*) and larch (*Larix Sykachovi*) on Southern Ural is generalized in article. A condition, growth and biomass of preliminary undercanopy plantation depending on deciduous stand density are analyzed. The recommendations for creation of preliminary undercanopy plantation and removal deciduous stand are given.

Залесов С.В., Магасумова А.Г., Залесова Е.С. ОПТИМИЗАЦИЯ РУБОК УХОДА В СОСНЯКАХ СРЕДНЕГО УРАЛА.

Рассмотрена лесоводственно-экономическая эффективность различных программ рубок ухода за лесами на примере 71-летних сосновых древостоев ягодникового типа леса. Производству предложен оптимальный вариант программ рубок ухода, учитывающий целевое назначение лесов

Zalesov S.V., Magassumova A.G., Zalesova E.S. CLEANING CUTTING OPTIMIZATION IN THE PINY WOOD OF THE MIDDLE URALS.

There has been examined a forestry and economics effectiveness of different cleaning cutting programs by the example of 71 year-old piny stands in baccate type of forest. The production has been suggested with optimal way of cleaning cutting programs, taking into consideration end use of forests.

Игнатова М.В., Аткина Л.И. МАССА И ПЛОЩАДЬ ЛИСТЬЕВ У ЯБЛОНИ ЯГОДНОЙ, БОЯРЫШНИКА КРОВАВО-КРАСНОГО, КЛЕНА ЯСЕНЕЛИСТНОГО И РЯБИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УЛИЧНЫХ ПОСАДКАХ ЕКАТЕРИНБУРГА.

Изучена характеристика листовой массы крупных кустарников и деревьев третьей величины. Показаны особенности формирования кроновой массы. Описан характер формирования листовой поверхности у исследуемых видов деревьев.

Ignatova M.V., Atkina L.I. MASS AND AREA SHEET BESIDE BERRY LIKE APPLE TREE, HAWTHORN BLOOD-RED, MAPLE ASHSHEETS AND ROWAN BERRY COMMON IN STREET BOARDING EKATERINBURG.

The studied feature of the sheet mass large shrubbery and tree of the third value. Particularities of the shaping crown masses are shown. The described nature of the shaping to sheet surface beside under investigation type tree.

Калитвянская А.В. ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ.

В статье рассматриваются проблемы организации туризма и отдыха на особо охраняемых природных территориях России, связанные с несовершенством законодательной базы, проблемами кадрового характера и т. п. Предлагаются возможные пути решения существующих проблем.

Kalitivianskaya A.V. PROBLEMS OF USE OF RECREATIONAL RESOURCES OF PARTICULARLY CONSERVED NATURAL TERRITORIES.

The article is about organization problems of tourism and recreation on particularly conserved natural territories in Russia, connected with imperfection of legislative basis, with trained problems and so on. Possible ways of solution of existed problems are presented.

Лопатин К.И.. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ И ПРАВОВОЕ ОБОСНОВАНИЕ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ ОБЪЕКТОВ НА ЗАБОЛОЧЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА.

Рассмотрены вопросы оптимизации размещения объектов нефтегазодобычи в условиях Ханты-Мансийского автономного округа – Югра. Экспериментально доказано, что проектирование нефтепромысловых объектов с учетом рационального природопользования сокращает стоимость их строительства и повышает надежность при будущей эксплуатации.

Lopatın K.I. ECOLOGY AND LEGAL GROUNDS FOR OIL-FIELD FACILITIES' LAYOUT MAPPING, ON INUNDATED LAND OF KHANTY-MANSI AUTONOMOUS AREA (КМАО).

There have been considered problems of distributing oil-and-gas-producing objects on the territory of Khanty-Mansi Autonomous Area, namely Yougra. It has been experimentally demonstrated that designing of oil-field facilities taking into consideration efficient nature management reduces their construction cost and increase their reliability while them being in use in the future.

Луганский Н.А., Абрамова Л.П., Залесов С.В. СОСТОЯНИЕ НАСАЖДЕНИЙ ДЖАБЫК-КАРАГАЙСКОГО БОРА В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА.

Джабык-Карагайский бор, расположенный в степной зоне, является форпостом сосновых лесов на Южном Урале. Особенности расположения бора, его экологическое, лесоводственное, геоботаническое, социальное, климаторегулирующее и экономическое значения имеют не только локальный, но и региональный масштабы. Дан анализ климатических особенностей Джабык-Карагайского бора за 72-летний период (1933–2005) и методы его лесовосстановления.

Lugansky N.A., Abramova L.P., Zalesov S.V. THE STATE OF JABYK-KARAGAY PINE-FOREST STANDS UNDER CHANGING CLIMATE.

Jabyk-Karagay pine-forest is the outpost of pine forest in the Southern Ural. The peculiarity of this forest location, its ecological, silvicultural, geo-botanical, social, climatic and economic values have both local and regional significance. The article contains analysis of the climatic peculiarities for the 72-year period (1933–2005) and methods of forest restoration.

Луганский Н.А., Терехов Г.Г. ВЛИЯНИЕ МИКРОЭКОТОПОВ ЛЕСОКУЛЬТУРНОГО УЧАСТКА НА ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЕЛИ СИБИРСКОЙ.

Сообщаются результаты изучения влияния микроэкотопов (микрорепрессия, микроповышение, целинная часть вырубki, органический субстрат) на участке 23-летних еловых культур в типе леса ельник травяной на естественное восстановление ели сибирской.

Lugansky N.A., Tereckov G.G. THE INFLUENCE OF MICROECOTOPES ON THE FOREST CULTURES PLOT UPON THE NATURAL REESTABLISHMENT OF SIBERIAN SPRUCE.

The results of studies on the influence of microecotopes (microdepression, microlifting, incult part of a clearing, organic substratum) upon the character of natural reestablishment of Siberian spruce on the plot of 23-year-old spruce cultures in grass spruce forest are reported.

Ольховка И.Э., Абрамов В.П., Залесов С.В. АНАЛИЗ ГОРИМОСТИ ЛЕСОВ И ЛЕСОПОЖАРНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ЮГА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ.

Проведен анализ горимости лесов пяти лесхозов управления лесами Тюменской области за 20-летний период. На основании выполненных работ предложен вариант лесопожарного районирования на площади 923 тыс. га.

Olhovka I.E., Abramov V.P., Zalesov S.V. THE BURNING INDEX ANALYSIS OF FOREST AND FORESTFIRE ZONING OF THE SOUTH OF THE TYUMEN REGION.

The burning index analysis of woods for five timber enterprises of management of woods of the Tyumen area for the 20-year's period is carried out. On the basis of the executed works the variant of forestfire zoning on the area 923 thousand ha is offered.

Помазнюк В.А., Залесов А.С. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ РУБОК НА ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ БЕРЕЗНЯКАХ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ.

Изучена лесоводственная эффективность чересполосно-постепенных, равномерно-постепенных и сплошных узколесосечных рубок в производных березняках Урала. Экспериментально доказано, что замена сплошнолесосечных рубок постепенными позволяет не только сохранить защитные функции насаждения, но и обеспечивает переформирование производственных березняков в елово-пихтовые древостои.

Pomaznyuk V.A., Zalesov A.S DIFFERENT FELLING METHODS' INFLUENCE ON FOREST REGENERATION IN THE DERIVED BIRCH FORESTS LOCATED IN THE MIDDLE URALS.

There has been studied a silvicultural productivity of strip thinning, shelter wood and clear stripped-coupe felling in the derived birch forests of the Urals. It has been experimentally demonstrated that the replacement of clear felling by gradual felling allows not only keeping forest stand's protective functions but ensures reorganization of the derived birch forests into spruce-and-fir forest stands.

Соловьев В.М., Санникова О.Н., Соловьев М.В. ОСОБЕННОСТИ РОСТА И ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ОДНОВОЗРАСТНЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В ПЕРВЫЕ ГОДЫ ЖИЗНИ НА ОДНОРОДНОМ СУБСТРАТЕ.

Рассматриваются закономерности дифференциации сеянцев и саженцев сосны и ели в зависимости от их эколого-биологических свойств, возраста и условий произрастания в лесных питомниках.

Solovyev V.M., Sannikova O.N., Solovyev M.V. GROWTH PECULIARITIES OF EVEN-AGED TIMBER AT FIRST YEARS OF LIFE ON HOMOGENEOUS SUBSTRATUM.

Differentiation regularities of seedling and nursery plants in connection with their ecological and biological properties, age, and conditions of vegetation in tree nurseries are described in the article.

Соловьев В.М., Соловьев М.В., Санникова О.Н. ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЕ ОСНОВЫ РУБОК УХОДА ПО ТИПАМ СТРОЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ДРЕВОСТОЕВ.

Предлагается показатели рубок ухода устанавливать по особенностям строения конкретных древостоев и результатам дифференциации деревьев в них. Для унификации правил и программ рубок ухода рекомендуется объединять древостои по типам строения и формирования.

Solovyev V.M., Solovyev M.V., Sannikova O.N. NATURAL CAUSES OF THINNING OPERATIONS BY THE CHARACTERS OF STANDS MORPHOLOGY AND FORMATION.

It is suggested to set factors of thinning operations by the characters of definite stands morphology and the results of the trees differentiation. It is recommended to unite stands by the characters of stands morphology and formation for unification the rules and programs of thinning operations

Сродных Т.Б. ВЛИЯНИЕ ИНТРАЗОНАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ НА РОСТ И СОСТОЯНИЕ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ СИБИРСКИХ ГОРОДОВ КРАЙНЕ СЕВЕРОТАЕЖНОЙ ЗОНЫ.

Рассмотрены вопросы произрастания городских зеленых насаждений в северных городах Западной Сибири. Отмечено влияние на рост и развитие растений таких интразональных факторов, как генезис почв (искусственный или естественный) и микроклиматические условия города.

Srodnykh T.B. THE PROBLEMS WITH PLANTING OF GREENERY IN NORTHERN TOWNS OF WESTERN SIBERIA WERE CONSIDERD.

It has shown that some intrazone factors, such as soil genesis (natural or artificial) and microclimate conditions of the town (especially large water territories) implies for growing and development of the plants.

Сродных Т.Б., Воронина Е.А. САНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ НАСАЖДЕНИЙ НА УЛИЦАХ ЕКАТЕРИНБУРГА.

Статья посвящена изучению санитарного состояния насаждений на улицах Екатеринбурга в настоящее время и в течение пяти лет (2000–2005 гг). Предложена методика определения санитарного состояния насаждений в Екатеринбурге (по 5-балльной шкале).

Srodnih T.B., Voronina E.A. THE SANITARY CONDITION OF PLANTS IN THE STREETS OF EKATERINBURG.

There has been studied the condition of ornamental plants in the streets of Ekaterinburg at present and during 5 years (2000–2005). It has been suggested a new method of determination the sanitary condition of plants in Ekaterinburg (on a 5point scale).

Усольцев В.А., Терехов Г.Г., Канунникова О.В., Пальмова Н.В., Балицкий М.И., Касаткин А.С., Кузьмин Н.И. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР ЕЛИ И СОСНЫ В УРАЛО-ТУРГАЙСКОМ РЕГИОНЕ.

Приведены данные о фитомассе и первичной продукции 20-летних культур ели и 10–32-летних культур сосны. Биопродуктивность культур ели сопоставлена по нескольким вариантам их создания и формирования, а культуры сосны сопоставлены по биопродуктивности в двух таксонах – предлесостепи и сухой степи.

Usoltsev V.A., Terekhov G.G., Kanunnikova O.V., Pal'mova N.V., Balitskii M.I., Kasatkin A.S., Kuz'min N.I. BIOLOGICAL PRODUCTIVITY OF SPRUCE AND PINE PLANTATIONS IN THE URAL-TURGAI REGION.

Data of biological productivity of 20-year-old spruce and 10-32-year-old pine plantations are given. Data for spruce plantations are compared according some variants their establishing and forming and pine plantations are compared in their biological productivity in two subzones, i.e. fore-forest-steppe and dry steppe.

Фомин В.В., Попов А.С., Низаметдинов Н.Ф., Шалаумова Ю.В., Шавнин С.А. МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ И АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ АТМОСФЕРНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ.

Проведена сравнительная оценка состояния сосновых молодняков и старшевозрастных древостоев в районе действия аэропромышленных выбросов Среднеуральского медеплавильного завода на основе комплекса морфофизиологических параметров деревьев, а также с использованием автоматизированного метода обработки фотографий крон.

Fomin V.V., Popov A.S., Nizametdinov N.F., Shalaumova Yu.V., Shaynin S.A. MORPHOPHYSIOLOGICAL AND AUTOMATIC METHODS OF FOREST STATE ESTIMATION IN AREA WITH INDUSTRIAL POLLUTION OF ATMOSPHERE.

Comparative state estimation of young and old pine forests was implemented in area nearby copper smelting plant using set of trees' morphophysiological parameters as well as with the use of automated method of tree state assessment on the basis of digital tree crown photos analysis.

Чижов Б.Е., Парыгина Н.Г., Суслов А.В., Аткина Л.И. ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ ЗОЛОТОВАЛА И МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ НА НИХ ПАРКОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ТЮМЕНИ.

Статья посвящена изучению санитарного состояния насаждений и почвенных условий на золоотвале в Тюмени. Установлено, что на данной территории является возможным создание парковых насаждений. Предложены методы создания парковых насаждений.

Chygov B.E., Pariguina N.G., Suslov A.V., Atkina L.I. THE INVENTORY OF A ASH DUMP TUMEN AND METHODS OF A LAYING OUT OF A PARK IN IT.

There has been studied the sanitary condition of plants and soil in the territory of a ash dump of Tumen. It has been ascertained that the laying out of a park is possible in it. It has been suggested methods of the laying out of a park.

Чиндяев А.С., Порошилов А.В. ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОРНЕЙ *PICEA OBOVATA* НА ОСУШЕННЫХ НИЗИННЫХ БОЛОТАХ СРЕДНЕГО УРАЛА.

Приведены результаты исследований развития корневых систем ели на осушенном низинном болоте. Изучено влияние осушения на структуру корневых систем.

Chindyaev A.S., Poroshilov A.V. PECULIARITYIES OF ALLOCATION ROOTS *PICEA OBOVATA* ON MELIORATION BOG SOILS.

In this article data about peculiarities of rotage system development *Picea obovata*, growth on meliorated bog soils are shown. Melioration influence on rotage system structure are have been researched.

Швалева Н.П., Залесов С.В. САНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОПАРКОВ ЕКАТЕРИНБУРГА.

На основании материалов 12 постоянных пробных площадей установлено влияние рекреационных нагрузок на санитарное состояние сосновых древостоев ягодникового и разнотравного типов леса в условиях лесопарков Екатеринбурга. Экспериментально доказана возможность использования средневзвешенной категории санитарного состояния для определения стадии рекреационной дигрессии.

Shvalyova N.P., Zalesov S.V. SANITARY STATE OF PINY STAND IN THE AMENITY FORESTS OF EKATERINBURG.

On the basis of material from 12 permanent study areas there has been determined the influence of recreation capacity on sanitary state of piny stand of baccate and motley grass types of forest in the amenity forest of Ekaterinburg city. There has been experimentally demonstrated the potentiality to use average weighted category of the sanitary state to estimate the recreation digression stage.

Шебалова Н.М., Залесов С.В. БИОИНДИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В ЗОНЕ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ.

Установлено, что в качестве биоиндикатора лесных почв сложного комплекса загрязнителей можно использовать соотношение основных групп микроорганизмов, принимающих

участие в процессах разложения и минерализации растительного опада; соотношение спор и мицелия микроскопических грибов; темноокрашенного и светлоокрашенного мицелия грибов.

Shebalova N.M., Zalesov S.V. BIOINDICATION FOREST OF SOIL SITUATED IN TECHNOGENIC POLLUTION ZONES.

It is proved that bioindication forest of soil the complicated complex of pollutants available may be correlations main group microorganism, take part in process decomposition and mineralizing vegetable drop, spores and niche microorganism.

Азаренок В.А., Безгина Ю.Н., Ярошук В.С. ДИНАМИКА ПОЗДНЕЙ ЗОНЫ ДРЕВЕСИНЫ ХВОЙНЫХ ПОРОД ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ НЕСПЛОШНЫХ РУБОК.

Влияние различных видов несплошных рубок на прирост древесины. Изменение структуры годовичного прироста после проведения рубок.

Azarenok V.A., Bezgina Y.N., Yaroshchuk V.S., DYNAMICS OF A LATE ZONE OF WOOD OF CONIFEROUS BREEDS AFTER REALIZATION NOT CONTINUOUS CUTTING.

The influence different type of not continuous cutting on increase of wood. Change the structure of the annual increase after realization cutting.

Булдаков С.И. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РАЙОНЕ АВТОЗАПРАВочНЫХ СТАНЦИЙ.

Проведено комплексное моделирование процессов загрязнения окружающей среды от автомобильных дорог и автозаправочных станций. Полученная аналитическая зависимость позволяет прогнозировать концентрацию загрязняющих веществ около АЗС.

Buldakov S.I. SOILING ENCIRCLING AMBIENCES AT DISTRICT OF THE GAS STATIONS.

It Is Organized complex modeling of the processes of the soiling surrounding ambiances from car roads and gas stations. Received analytical dependency allows to forecast the concentration polluting material around the gas stations.

Булдаков С.И. О РАЦИОНАЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОЗАПРАВочНЫХ СТАНЦИЙ (АЗС).

Приведены математические модели, которые при известном количестве автомобилей, проходящих через автозаправочную станцию, позволяют вычислить необходимое количество колонок и среднее время пребывания автомобиля в очереди.

Buldakov S.I. ABOUT RATIONAL DESIGNING THE GAS STATIONS.

They Are Brought mathematical models, which under known amount of the cars, getting through gas station, allow to calculate necessities an amount kolinsky and average time stay of the car in queue

Бутко Г.П. Раменская Л. А. ПОВЫШЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСНОГО СЕКТОРА НА ОСНОВЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ.

В статье рассматриваются вопросы повышения инвестиционной привлекательности предприятий лесного сектора как важной составляющей инвестиционного климата региона. В свою очередь, улучшение инвестиционного климата невозможно без инновационного разви-

тия. Установлено, что с увеличением объема инвестирования в инновационное развитие себестоимость произведенной продукции заметно снизится, что обеспечит увеличение конкурентоспособности предприятий лесного сектора экономики России на мировом рынке.

Butko G.P., Ramenskaya L.A. THE INCREASE OF INVESTMENT APPEAL OF THE ENTERPRISES OF WOOD SECTOR ON THE BASIS OF INNOVATIVE DEVELOPMENT.

In the article there are considered the questions of the increase of investment appeal of the enterprises of wood sector as important component of an investment climate of region. In turn improvement of an investment climate is impossible without innovative development. There is established that with increase in volume of investment in the innovative development the cost price of the production will noticeably decrease, that will provide increase in competitiveness of the enterprises of wood sector of economy of Russia in the world market.

Герц Э.Ф., Иванов В.В. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВАЛКИ ДЕРЕВЬЕВ БЕНЗИНОМОТОРНОЙ ПИЛОЙ ПРИ НЕСПЛОШНЫХ РУБКАХ.

Проведены экспериментальные исследования процесса валки дерева при несплошных рубках; предложен новый способ изреживания древостоя при несплошных рубках.

Gerts E.F., Ivanov V.V. THERE ARE FEATURES OF FELLING BY CHAIN SAW AT PARTIAL CUTTING.

There have been carried out experimental felling investigations by partial cutting; a new method of forest stand thinning by partial cutting.

Кручинин И.Н., Ежова М.Г. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СОРТИМЕНТОВОЗА ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ НА ГИБКИХ РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ГУСЕНИЦАХ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ.

Проведен экономический анализ применения сортиментовоза на гибких резинометаллических гусеницах в зимних условиях. Содержит описание технологического процесса на рубках промежуточного пользования.

Kruchinin I.N., Egova M.G. ECONOMIC MOTIVATION OF THE USING TIMBER MACHINE RAISED PASSABILITIES ON FLEXIBLE RUBBER CATERPILLAR IN WINTER CONDITION.

The economic analysis of the using timber machine is organized on flexible rubber caterpillar in winter condition. Contains the description of the technological process on chopping of the intermediate use.

Меньшиков Б.Е., Воробьева Е.В. ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ТОНКОМЕРНО-КОРОТКОМЕРНОГО СЫРЬЯ В РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.

Обоснована целесообразность технологии раскряжевки вершинной части хлыстов с подготовкой тонкомерно-короткомерного сырья и его дальнейшей переработки в различных природно-производственных условиях лесозаготовительных предприятий.

Menshikov B.E., Vorobieva E.V. SUBSTANTIATION OF A PRODUCTION EFFICIENCY FINE-SHORT RAW MATERIAL IN VARIOUS NATURAL-PRODUCTION CONDITIONS LOGGING THE ENTERPRISES.

The expediency of technology cutting a topmost part of switches with preparation fine-short raw material and his further processing in various natural-production conditions logging the enterprises is proved.

Мехренцев А.В., Беляйков Ф.Г., Полукаров М.В. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РАБОЧЕЙ СМЕНЫ ОПЕРАТОРА ХАРВЕСТЕРА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ.

Проведены экспериментальные исследования влияния лесозаготовительной техники – харвестера на состояние природной среды при несплошных рубках; даны рекомендации по проведению обучения операторов лесозаготовительных машин – харвестеров.

Mehrentsev A.V., Beljajkov F.G., Polukarov M.V. ESTIMATION OF HARVESTER OPERATOR SHIFT DURATION INFLUENCE OVER PRODUCTIVITY AND ENVIRONMENTAL CONDITION.

The experimental researches of harvester operator shift duration influence over productivity and environmental condition at unclear cuttings have been made; the recommendations of forest machine operators training have been offered.

Полукаров М.В., Беляйков Ф.Г., Мехренцев А.В. КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ ПО ВИДУ ВЫПОЛНЯЕМЫХ ОПЕРАЦИЙ.

Данная классификация охватывает весь спектр операций, которые выполняет та или иная машина, тот или иной механизм, и создана как основа для детального проектирования технологического процесса.

Polukarov M.V., Beljajkov F.G., Mehrentsev A.V. CLASSIFICATION OF FOREST MACHINES AND MECHANISMS OF BY THE FORM CARRIED OUT OPERATIONS.

The given classification covers all spectrum of operations, which produced by any forest machine or mechanism and created as a basis for detailed designing technological process.

Савсюк М.В., Кручинин И.Н., Булдаков С.И. УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ЛЕСНОГО СНЕЖНОГО ПОКРОВА.

Представленная работа предназначена для проведения анализа взаимодействия ходовых частей лесотранспортных машин с глубоким снежным покровом. Содержит описание процесса нагружения снежного покрова на примере экспериментального универсального штампа. Цель настоящей работы – оценка несущей способности лесного снежного покрова для прогнозирования опорной проходимости лесотранспортных машин.

Savsuk M.V., Kruchinin I.N., Buldakov S.I. THE RESEARCH SNOW WORK IS THE ANALYSIS OF THE INTERACTION OF THE SOUGHT-AFTER PARTS OF FOREST MACHINES WITH DEEP SNOW.

It contains description of snow pressure on example of the experimental universal stamp. The purpose work is to estimate carrying abilities of forest snow for forecasting of cross-country ability of timber transport.

Вураско А.В., Дрикер Б.Н., Галимова А.Р. РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ПЕРЕРАБОТКА НЕДРЕВЕСНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ.

Изучена возможность реализации ресурсосберегающего подхода переработки сельскохозяйственных отходов, в частности соломы овса и риса, с целью получения ценных продуктов.

Vurasko A.V., Driker B.N., Galimova A.R. SAVINGS-RESOURCE PROCESS OF WASTE OF AGRICULTURAL CULTURES.

The opportunity of use of straw, as perspective raw material for manufacture of valuable products is investigated.

Лисиенко В.Г., Кириллова Т.С., Санников С.П., Агеев А.Я. АНАЛИЗ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОИЗВОДСТВА СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ МЕТОДОМ ПОЛНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА.

Применен метод полного энергетического анализа для оценки энергоемкости целлюлозного производства. Показаны преимущества данной методики и определена специфика применения метода для деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности. Рассчитана энергоемкость производства целлюлозы.

Lisienko V.G., Kirillova T.S., Sannikov S.P., Ageev A.Ya. ANALYSIS ENERGY CAPACITY OF SFA PULP MANUFACTURE BY THE METHOD OF THE COMPLETE ENERGY ANALYSIS.

The method of the complete energy analysis for an estimation of pulp manufacture energy capacity is applied. The advantages of the given method are presented and the specificity of application of the method for wood-working and pulp-paper industry is determined. The energy capacity of pulp manufacture is counted.

Ветошкин Ю.И., Коцюба И.В., Яцун И.В., Одинцева С.А. ОБЩИЙ ПОДХОД К РАСЧЕТУ НАПРЯЖЕННОГО ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО СЛОИСТОГО МАТЕРИАЛА «ФАНОТРЕН Б» С ЗАЩИТНЫМИ СВОЙСТВАМИ ОТ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.

В статье приводятся результаты исследования послойного формирования фанеры марки «ФАНОТРЕН Б» и изучения ее физических свойств.

Vetoshkin U.I., Kotsuba I.V., Ytsun I.V., Odintseva S.A. GENERAL APPROACH AT ACCOUNT MODE OF DEFORMATION COMPOSITION FOLIATED MATERIAL «FANOTREN B» WITH PROTECTIVE BEHAVIOUR X-RADIATION.

The article showing the data investigations layerwise forming veneer mark «FANOTREN B» end study physical property

Подковыркина О.М., Демидова Л.В., Буриндин В.Г., Серeda Б.П. ПОЛУЧЕНИЕ МАЛОТОКСИЧНЫХ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННЫХ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ.

Приводятся данные по изучению влияния неорганических электролитов на эмиссию формальдегида из древесностружечных плит, полученных на основе древесной стружки и карбамидоформальдегидных смол, модифицированных кислыми ортофосфатами и борсодержащими фосфатами алюминия, магния и хрома.

Podkovyrkina O.M., Demidova L.V., Buryndin V.G., Sereda B.P. THE PRODUCTION OF LOW TOXIC WOOD SHAVING MANUFACTURE USING MODIFIED CARBAMIDOFORMALDEHYDE RESINS.

Here there are the facts of studying the influence of inorganic electrolytes on emission of formaldehyde taken from wood-composition materials obtained from the wastes of wood shaving manufacture and carbamido formaldehyde resins modified with acidic orthophosphates and boron-containing aluminum, magnesium and chromium phosphates.

Сиваков В.П., Партин И.А., Партин А.И. ЗАВИСИМОСТЬ ПЛОТНОСТИ СУСПЕНЗИИ ОТ ФАКТОРОВ КОММУТАЦИИ В ПИТАТЕЛЯХ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ.

Коммутация суспензии из щепы и щелока в роторных питателях высокого давления происходит при ее объемном расширении – сжатии (колебаниях плотности). Исследовано влияние факторов времени, давления и гидромодуля процесса коммутации на изменение плотности

суспензии. Получено уравнение зависимости плотности суспензии от факторов коммутации. Произведен поиск оптимума зависимости плотности суспензии от факторов по методу крутого восхождения. Установлено, что изменение плотности суспензии от факторов процесса коммутации в пределах технологического регламента работы питателя высокого давления имеет монотонный характер. Плотность суспензии возрастает при увеличении времени, давления и снижении гидромодуля

Sivakov V.P., Partin I.A., Partin A.I. THE URAL STATE FORESTRY ENGINEERING UNIVERSITY DEPENDENCE OF THE SUSPENSION DENSITY FROM THE COMMUTATION FACTORS IN HIGH-PRESSURE FEEDERS.

Chips and liquor suspension commutation in rotor-type high-pressure feeders occurs during its volume expansion-compression (density fluctuations). It is investigated an influence of such factors as time, pressure and commutation hydraulic module on change of the suspension density. It is gotten the equation of dependence of the suspension density from the commutation factors. It is made an optimum seeking of dependence of the suspension density from factors using the path-of-steepest-ascent method. It is established that change of the suspension density from commutation factors within the limits of technological time-limit of high-pressure feeders work has monotonous character. The suspension density rises at increase in time, pressure and decrease in hydraulic module.

Сиваков В.П., Партин И.А. ИСТОЧНИКИ КОЛЕБАНИЙ ЗАГРУЗОЧНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ УСТАНОВОК НЕПРЕРЫВНОЙ ВАРКИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ.

Производится анализ источников вибрации машин и трубопроводов загрузочной циркуляции установок варки целлюлозы. Определены формулы для расчета частот отдельных, вынуждающих вибрацию сил и величины результирующей силы. По результатам расчетов и экспериментальных измерений построен амплитудно-частотный график колебаний трубопровода. Показано, что колебания загрузочной циркуляции можно снизить воздействием на источники вынуждающих сил.

Sivakov V.P., Partin I.A. SOURCES OF FLUCTUATIONS OF LOADING CIRCULATION OF INSTALLATIONS OF CONTINUOUS COOKING OF CELLULOSE.

The analysis of sources of vibration of machines and pipelines of loading circulation of installations of cooking of cellulose is made. Formulas for calculation of frequencies from separate forces compelling vibration and size of resulting force are determined. By results of calculations and experimental measurements the diagram of fluctuations of the pipeline is constructed amplitude-frequency. It is shown, that fluctuations of loading circulation can be lowered influence on sources of compelling forces.

Сиваков В.П., Голынский М.Ю. УСТАНОВКА ВИБРОАКТИВАТОРА ДЛЯ ОБРУШЕНИЯ СВОДОВ В БУНКЕРЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ.

Переход от режима хранения технологической щепы в бункере к выгрузке часто сопровождается появлением сводов, их разрушением и, как следствие, неравномерной скоростью движения сырья. Для обеспечения равномерного истечения технологической щепы в бункере установлен выступ с коническими и цилиндрическими частями. Коническая часть выступа располагается в зоне вероятного появления свода. Для улучшения разрушения сводов в конусе установлен виброактиватор.

Sivakov V.P., Golynskij M.Y. INSTALLATION OF THE VIBRATOR FOR DESTRUCTION OF ARCHES IN THE BUNKER TECHNOLOGICAL CHIP.

The transition from a mode of a storage technological chip in the bunker to an unloading often is accompanied by occurrence of arches, their destruction and, as a consequence, non-uniform speed

of movement of raw material. For maintenance of the uniform expiration technological chip in the bunker the ledge with conic and cylindrical parts is established. The conic part of a ledge settles down in a zone of probable occurrence of arches. For improvement of destruction of arches in a cone the vibrator is established.

Соколов Е.В., Анкудинов Д.Т. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕГО РАБОТЫ.

Представлен способ повышения эффективности работы центробежных насосов с помощью численного моделирования.

Sokolov E.V., Ankudinov D.T. NUMERICAL SIMULATION WORKING PROCESS ROTARY PUMP AS FOR METHOD EFFECTIVENESS INCREASE OF IT OPERATION.

The article show method effectiveness increase rotary pump using numerical simulation.

Телюфанова О.П. Булдаков С.И. Кондратов В.К. РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ ВЯЖУЩИХ И АДСОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ КАМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ И НАПОЛНИТЕЛЕЙ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.

Объекты исследования – нефтяные вяжущие, тяжелые нефтяные остатки, каменные и резиновые материалы. Рассмотрены методология моделирования адгезионной способности вяжущих в системах с каменными резиновым материалами.

Telyufanova O.P. Buldakov S.I. Kondratov V.K. THE DEVELOPMENT SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL BASE OF THE REGULATION ADHESION CHARACTERISTIC CONNECTING AND ADSORBABLE ABILITIES STONE MATERIAL AND FILLERS IN ROAD CONSTRUCTION.

The Objects to research are – oil astringent ingredients. In the research work methodology of modeling adhesion abilities of astringent mixed with store, rubber materials as mixed is considered.

Беленков Д.А., Левинский Ю.Б., Стенина Е.И. УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОПИТКИ АНТИСЕПТИКОМ «УЛТАН».

Рассмотрены пути интенсификации процесса пропитки пиломатериалов водорастворимым антисептиком способом «Вакуум-давление». Установлено, что одним из определяющих факторов повышения проницаемости древесины является скорость создания разрежения в автоклаве.

Belenkov D.A., Levinsky Y.B., Stenina E.I. ANTISEPTIC ULTAN IMPREGNATION PROCESS IMPROVEMENT.

There have been examined the ways of stimulation of lumber impregnation process with water-soluble antiseptic by vacuum pressure method. It has been stated that one of the determining factors to improve wood penetrability is evacuation creating speed in autoclave.

Глебов И.Т., Гороховский А.К. ПРОДОЛЬНОЕ ПИЛЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ПИЛОЙ С КОСЕЙ ЗАТОЧКОЙ ЗУБЬЕВ.

Одной из задач процесса пиления является снижение энергопотребления. Формирование у круглых пил зубьев с косой заточкой по сравнению с прямыми зубьями позволяет снизить мощность на пиление до 35 %.

Glebov I.T., Gorohovskiy A.K. LONGITUDAL SAWING WOOD SAW WITH SIDE-LONG SHARPENING TEETH.

One of the problems of the process of the sawing is a reduction of the consumption to energy. Shaping beside round saws teeth with sidelong sharpening in contrast with direct teeth allows to reduce the power on sawing before 35 % accordingly.

Вихарев С.Н., Душинина С.А. ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ НОЖЕЙ ГАРНИТУРЫ МЕЛЬНИЦ ПРИ РАЗМОЛЕ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ.

В данной статье описано исследование колебаний ножей гарнитуры мельниц при размоле волокнистых полуфабрикатов. Рассмотрены формы собственных колебаний ножей. Представлена и исследована модель изгибных колебаний без учета влияния центробежных сил, а также факторы, влияющие на собственные изгибные колебания ножей (износ гарнитуры, ширина ножей гарнитуры, длина ножа). Рассмотрено влияние угла наклона ножа к радиусу гарнитуры. Получена формула для определения собственной частоты колебаний ножей с учетом из износа.

Viharev S.N., Dushinina S.A. RESEARCH OF FLUCTUATIONS OF KNIFES SETS OF MILLS AT РАЗМОЛЕ FIBROUS SEMIFINISHED ITEMS.

In given clause research of fluctuations of knives sets of mills is described at refining fibrous semifinished items. Forms of own fluctuations of knives are considered. The model of bending fluctuations without taking into account influence of centrifugal forces, and also factors influencing on own of bending fluctuations of knives (deterioration sets, width of knives sets, length of a knife) is submitted and investigated. Influence of a corner of an inclination of a knife to radius sets is considered. The formula for definition of own frequency of fluctuations of knives with the account from deterioration is received.

Комиссаров А.П., Памфилов Е.А., Тракало Ю.И., Левинский Ю.Б. ОБЪЕМНАЯ ТВЕРДОСТЬ КАК ФАКТОР РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ.

В статье дается определение необходимости введения понятия объемная твердость древесины как физической величины, позволяющей характеризовать ее состояние в процессах тепловой обработки. На базе понятия объемной твердости дано определение жесткости как безразмерной величины, выражающейся отношением объемной твердости к плотности древесины.

Komissarov A.P., Pamphilov E.A., Trakalo Y.L, Levinskiy Y.B. VOLUMETRIC HARDNESS AS FACTOR OF THE REGULATION OF THE PROCESSES WOODWORKING.

It is important to take into account the intergrated indicator of wood hardness, that is « volumetric hardness». This feature will help to forecast more precisely wood condition while planing, shelling and pressing. Consequently, to produce products of higher quality. So, it is necessary to define such a concept as «volumetric hardness of wood». We have also the definition « hardness» as «stretch» quantity, that is, the relation between « volumetric hardness « and «density» of wood.