

**ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА ЛЕСА**

ЛЕСНОЙ ВЕСТНИК

Научно-информационный журнал

2005 г. № 2(38)

Координационный совет журнала

Главный редактор
Зам. главного редактора

А.Н. ОБЛИВИН
В.Д. НИКИШОВ

Члены совета

Н.И. КОЖУХОВ
О.Н. НОВОСЕЛОВ
А.К. РЕДЬКИН
Е.И. МАЙОРОВА
О.А. ХАРИН
В.С. ШАЛАЕВ
А.С. ЩЕРБАКОВ
С.Н. РЫКУНИН

Ответственный секретарь

Е.А. РАСЕВА



Номер подготовили:

Ответственный секретарь
Редактор

Е.А. РАСЕВА
Т.В. ГОРБУНЧИКОВА

Набор и верстка

М.А. ЗВЕРЕВ

Оригинал-макет подготовлен в редакторе Microsoft Word 2000.

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации журнала «Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник» ПИ № 77-12923 от 17.06.2002.

Перепечатка и воспроизведение полностью или частично текстов и фотографий журнала «Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник» – только с письменного разрешения издательства.

© Московский государственный университет леса, 2005

Подписано к печати 21.03.2005.
Объем 25,5 п. л.

Тираж 500 экз.
Заказ №

Издательство Московского государственного университета леса.
141005, Мытищи-5, Московская обл., 1-я Институтская, 1, МГУЛ.
Телефоны: (095) 588-57-62, 588-53-48, 588-54-15, факс (095) 588-51-09

СОДЕРЖАНИЕ

Лесное хозяйство

Степаненко И.И.	<i>Климатические факторы и эффективность действия азотных удобрений на радиальный прирост сосны в разных типах леса</i>	5
Автухович И.Е.	<i>Роль органических кислот в повышении фитоэкстракции свинца древесными растениями из водного раствора</i>	10
Степаненко И.И.	<i>Динамика радиального прироста и некоторых его анатомических показателей в результате однократного внесения азотных удобрений в сосняк брусничный</i>	12
Манвелидзе З.К.	<i>Влияние антропогенных воздействий на основные показатели биоразнообразия субальпийских букняков Арсианского хребта Аджарской АР</i>	17
Шаяхметов И.Ф., Кулагин А.Ю.	<i>Естественное подпологовое возобновление и высотно-возрастная структура подроста ильма горного (<i>Ulmus glabra huds.</i>) в водоохранно-защитных лесах Павловского водохранилища (р. Уфа)</i>	24
Живайкина Н.В.	<i>Формовое разнообразие семенных чешуй ели в пределах евроазиатского ареала рода <i>Picea</i></i>	31
Мельник П.Г., Карасев Н.Н.	<i>Результаты интродукции лиственницы в северо-восточное Подмосковье</i>	36
Нахаев З.Н.	<i>Методические основы оптимального лесопользования</i>	41
Архипова Т.Н., Кулагин А.А.	<i>Влияние цитокининов на устойчивость тополя бальзамического (<i>Populus balsamifera L.</i>) к токсическому действию ионов свинца (вегетационный эксперимент)</i>	43
Мануковский А.Ю.	<i>Воздействие экстрагированных из древесины веществ на экологические системы водоемов</i>	48

Деревообработка

Пищик И.И.	<i>Датирование древесины и его практические приложения</i>	51
Платонов А.Д., Курьянова Т.К.	<i>Исследование влагопроводности древесины после химической обработки</i>	56
Платонов А.Д., Курьянова Т.К.	<i>Качество сушки твердых лиственных пород после химической обработки</i>	64
Амелин Я.А.	<i>Исследование распределения пороков в еловых обрезных пиломатериалах, полученных из комлевых бревен</i>	67
Серков Б.Б., Сивенков А.Б., Тхань Б.Д., Асеева Р.М.	<i>Термическое разложение древесины тропических пород</i>	70

Химические технологии

Неклюдов А.Д., Иванкин А.Н.	<i>Консервация древесины – один из методов сохранения лесного богатства страны</i>	77
Запруднов В.И.	<i>Определение эффективных свойств компонентов древесно-цементного материала</i>	89
Стородубцева Т.Н.	<i>Технико-экономическая эффективность применения древесностекловолокнистого композиционного материала в изделиях транспортного строительства</i>	92

Лесонинженерное дело

Курьянов В.К., Бурмистрова О.Н.	<i>Назначение размеров сооружений обустройства автомобильных дорог с учетом пропорциональной взаимосвязи их с дорогой и автомобилем</i>	98
Савельев В.В.	<i>Автоматизированное проектирование дорожных одежд нежесткого типа</i>	100

Смирнов М.Ю.	<i>Методика выбора способа размещения длинномерных лесоматериалов на автопоезде</i>	106
Булдаков С.И., Чижов А.А.	<i>Особенности организации полосы отвода на автомобильных дорогах</i>	115
Левушкин Д.М.	<i>Выбор оптимальных компоновок систем машин для строительства лесовозных дорог</i>	120
Мануковский А.Ю.	<i>Технология водной доставки лесоматериалов, обеспечивающая минимальное воздействие на экологические системы водоемов</i>	122
Макуев В.А.	<i>Частные случаи задачи по оптимальному расчету парка лесосечных машин</i>	125
Курьянов В.К., Бурмистрова О.Н.	<i>К вопросу о повышении уровня безопасности движения на лесовозных автомобильных дорогах</i>	126
Скрыпников А.В.	<i>Работа покрытий лесовозных автодорог под нагрузкой в процессе длительной эксплуатации</i>	128
Рябова О.В., Скрыпников А.В.	<i>Воздействие выбросов автомобильного транспорта на придорожные экосистемы</i>	136
Экономика		
Васильев В.С., Васильева Т.В.	<i>К вопросу о взаимосвязи нетарифного регулирования внешней торговли и кредитно-денежной политики</i>	142
Чернякевич Л.М.	<i>К вопросу применения налоговых режимов в лесном хозяйстве</i>	146
Фролов С.В.	<i>Позиционирование лесопромышленного предприятия в рыночной среде</i>	150
Математическое моделирование		
Курзина В.М., Курзин П.А.	<i>Оценки оптимальности решения транспортной задачи</i>	156
Сушков С.И.	<i>Прогнозно-аналитическое моделирование технико-экономических показателей в системе анализа развития сухопутного лесовозного транспорта</i>	158
Артемьев П.В.	<i>Методы установления стартовых цен на древесину на корню при аукционных продажах</i>	160
Курзина В.М., Курзин П.А.	<i>Оптимизация задачи о прогнозировании стоимости услуг</i>	166
Сафин Р.Р., Валеев И.А., Сафин Р.Г.	<i>Математическое моделирование процесса пиролиза древесины при регулировании давления среды</i>	168
Шереметьев К.П., Чернышин П.В.	<i>Семантический подход к оценке объемов информации</i>	174
Унчиков В.Т.	<i>О дискретном методе преобразования функций</i>	182
История		
Ключников Л.Ю.	<i>Лесные промыслы Древней Руси</i>	184
Рыбалкин А.И.	<i>Периодическая лесная печать в дореволюционной России</i>	186

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ СОСНЫ В РАЗНЫХ ТИПАХ ЛЕСА

И.И. СТЕПАНЕНКО, доц. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛ

В последние десятилетия в России и в других странах в глобальных масштабах наблюдается снижение продуктивности и устойчивости лесных насаждений [10, 8]. Одним из эффективных способов повышения продуктивности лесов является внесение минеральных удобрений. Но результативность этого мероприятия зависит от комплекса факторов: технологии удобрения (видов, форм, доз, сроков, повторности, способов внесения туков), лесоводственных условий (типов леса, возраста, класса роста деревьев), почвенных и климатических условий (температуры воздуха, количества осадков) и других факторов [1, 2, 3, 5, 6, 9, 12].

Наши исследования влияния удобрений на радиальный прирост и строение древесины сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) с учетом некоторых технологических (видов, доз удобрений), лесоводственных (типов леса и темпов роста деревьев) и климатических (температуры воздуха и количества осадков) факторов проводились в сосняках южной тайги в Костромской области. Изучались три типа леса: сосняки брусничный, лишайниковый, долгомошный, удобренные азотными туками в 1982 г. в форме карбамида (46 %N) в дозах: 100, 150, 200 кг/га по д.в. Сосняк брусничный произрастает в свежих условиях (B_2), сосняк лишайниковый – в сухих условиях (B_1), на песчаных дерново-средне- и слабоподзолистых песчаных почвах, сосняк долгомошный – в сырых условиях (B_4), на глеевых, слабо дренированных песчаных почвах. Сосняки брусничный и лишайниковый представлены спелыми (90–100 лет) древостоями, сосняк долгомошный – приспевающим древостоем (70 лет).

В каждом типе леса закладывались пробные площади и с трехкратной повторностью испытывались три дозы удобрений [4]. Результаты удобренных вариантов сравнивали с контрольными – неудобренными древостоями. Модельные деревья подбирались с учетом их роста, развития (по классам Крафта) и темпов роста до внесения удобрений по 10...25 деревьев на каждый класс и вариант опыта из средних ступеней толщины каждого класса. Образцы древесины брались на высоте 1,3 м возрастным буравом.

Приготовление препаратов проводилось методами, принятыми в ботанической микротехнике [7]. Измерение радиального прироста, ширины годичных слоев выполнялось на поперечных срезах образцов древесины с помощью микроскопа МБР-1 и шкалы окуляр-микрометра, а также на фотографиях с микропрепаратов.

Радиальный прирост изучался за 5 лет до удобрения (1977–1981 гг.) и 6 лет после удобрения (1982–1987 гг.). Данные удобренных участков сравнивали с контрольными и данными за 5 лет до удобрения. Экспериментальные материалы обрабатывались методами вариационной статистики.

В результате исследований было установлено значительное влияние климатических факторов на эффективность и продолжительность действия азотных удобрений на радиальный прирост сосны и его динамику в зависимости от типа леса и дозы удобрений. Это влияние определялось тремя основными факторами: 1) оптимальным сроком внесения удобрений по отношению к дендроциклу радиального прироста; 2) климатическими факторами в год внесения удобрений;

3) климатическими факторами за период действия удобрений.

Эффективность удобрения лесных древостоев в значительной степени зависит от сроков внесения удобрений по отношению к дендроциклу радиального годичного прироста. Опыты прибалтийских ученых с удобрением сосновых насаждений в различные периоды дендроцикла радиального прироста (в максимуме, середине и минимуме) показали, что удобрения целесообразно вносить за 2...3 года до наступления оптимальных климатических условий роста, когда в дендроцикле наблюдается максимальный радиальный прирост [1, 11]. В наших опытах удобрения были внесены в 1982 году – в период максимального спада радиального прироста за последние 5 лет во всех изучаемых типах леса (рисунок) и за 2 года до очередного подъема радиального прироста. В 1983 и 1984 годах (2-й и 3-й годы после удобрения) в изучаемых типах леса во всех вариантах опыта, контрольных и удобренных наблюдался подъем радиального прироста, а в 1985–1987 гг. (на 4-й и 6-й годы действия удобрений) – его спад (рисунок). В удобренных насаждениях увеличение радиального прироста и его динамика были различны в зависимости от типа леса, дозы удобрений и климатических факторов за период действия удобрений. В большинстве опытов действие удобрений было значительно и продолжительно (5–6 лет). Наши исследования подтвердили выводы Р.И. Шлейниса, В.В. Вярбилы о том, что эффективность и продолжительность действия удобрений зависят от времени их внесения по отношению к дендроциклу радиального прироста и что наиболее оптимальное внесение удобрений – за два-три года до максимума прироста в дендроцикле.

На усвояемость удобрений лесными насаждениями, снижение их непродуктивных потерь, действие их на радиальный прирост древостоев большое влияние оказывают климатические условия в ближайшие месяцы до и после внесения удобрения. Во всех изучаемых типах леса удобрения были внесены в мае. Невысокая температура в мае (в среднем за месяц + 7,8 °С) и достаточное ко-

личество осадков, выпавших в апреле, мае, июне, соответственно 23,9, 30,6 и 30,3 мм, видимо, способствовали успешному закреплению удобрений в почве, их эффективному и продолжительному влиянию на формирование годичных слоев сосны.

В результате удобрения сосновых насаждений, как отмечалось выше, изменения в радиальном годичном приросте были различны. Но почти во всех опытах наиболее широкие годичные слои (ШГС) формировались в 1983–1984 гг., то есть на 2-й 3-й годы после удобрения (рисунок). Эти годы характеризовались наиболее благоприятными для роста сосновых насаждений климатическими условиями. Если в 1982 г., в год максимального спада радиального прироста в дендроцикле за последние 5 лет, среднегодовая температура воздуха составила –1,25 °С, а среднегодовое количество осадков выпало только 337,0 мм, что было значительно ниже многолетней нормы и по температуре, и по осадкам, то в 1983 и 1984 годах соответственно среднегодовая температура составила + 4,08 °С и + 2,76 °С, а количество осадков в среднем за год выпало 831,0 мм и 751,1 мм, среднемесячное распределение осадков и температур соответствовало норме. За 6 лет действия удобрений неблагоприятным для роста сосняков оказался 1985 г., когда во всех опытах в дендроцикле радиального прироста начался спад. В этом году среднеклиматические показатели незначительно отличались от нормы: средняя температура составила + 1,89 °С, среднее количество осадков – 826,9 мм. Но в августе 1985 г. в течение месяца стояла сухая, жаркая погода, особенно во второй декаде (+ 32 °С). За этот период выпало только 2,4 мм осадков, а за весь месяц – 41,2 мм, что было значительно ниже нормы. Кроме того, в данных условиях на вторую половину августа приходится наименьший запас влаги в верхнем слое почвы (50 см). Высокая температура и недостаток почвенной и атмосферной влаги, видимо, привели к резкому падению радиального прироста. Но азотные удобрения в некоторых дозах в зависимости от типа леса снизили отрицательное влияние неблагопри-

ятного для роста деревьев засушливого периода, значительно уменьшили падение радиального прироста и способствовали формированию древесины равномерного строения.

Наиболее эффективны азотные удобрения во всех дозах были в сосняках брусничном и лишайниковом и меньше повлияли на радиальный прирост в сосняке долгомошном.

В сосняке брусничном в динамике радиального прироста в первые 3 года после удобрения (1982–1984 гг.) наблюдался резкий подъем, когда ширина годичных слоев увеличилась в 2,0...2,5 раза по сравнению с контролем. Эффективны были все дозы азотных удобрений, но максимальное увеличение радиального прироста за этот период было в опыте с N200 на второй (1983) и третий (1984) годы после удобрения, когда ширина годичных слоев возросла соответственно на 147,9 и 157,6 % по сравнению с контролем. В 1985 г. и в последующие годы (1986, 1987), когда в дендроцикле радиального прироста наблюдался спад, в опытах с азотными удобрениями темпы роста по диаметру оставались довольно высокими (рисунок). В вариантах опыта с N100 за 1985–1987 гг. радиальный прирост был выше на 50,2...81,7 %, с N150 – на 84,9...141,2 %, с N200 – на 31,0...87,7 %, чем на контроле. На 6-ой год после удобрения (1987) радиальный прирост в удобренных древостоях был больше на 31,0...99,1 %, чем на контроле. За этот период наиболее значительное увеличение радиального прироста вызвали азотные удобрения в дозе 150 кг/га. В этом опыте в 1985 г. не было резкого снижения ширины годичных колец, напротив, наблюдалось значительное повышение радиального годичного прироста на 141,2 % по сравнению с контролем. Темпы радиального роста древостоев в опыте с N150 и на 5-й 6-й годы после удобрения оставались выше, чем при других дозах азотных удобрений (рисунок). В 1986–1987 гг. N150 привели к увеличению радиального прироста на 84,9...99,1 % по сравнению с контролем. Таким образом, N150 уменьшили отрицательное влияние не-

благоприятных климатических факторов в большей степени, чем азотные удобрения в других дозах и способствовали формированию более равномерной структуры годичных слоев по сравнению с другими опытами.

В среднем за 6 лет действия азотных удобрений в сосняке брусничном N100 увеличили радиальный прирост на 76,9 %, N150 – на 98,7 %, N200 – на 92,9 % по сравнению с контролем.

В сосняке лишайниковом азотные удобрения также во всех дозах оказали положительное влияние на радиальный прирост, но он был несколько ниже, чем в сосняке брусничном.

В сосняке лишайниковом в период подъема в дендроцикле радиального прироста в первые 3 года после удобрения ширина годичных слоев увеличилась на 31,3...92,9 % по сравнению с контролем. В последующие годы (1985–1987) в опытах с азотными удобрениями в дендроцикле радиального прироста начался спад, но резких перепадов в нем не было (рисунок). Только с N150 наблюдался «скачок»: снижение ШГС на 4-ый год после удобрения (1986 г.).

В неблагоприятный 1985 год во всех опытах с азотными удобрениями радиальный прирост был больше на 71,0...85,2 % и на 5-й год после удобрения оставался довольно высоким – на 52,4...75,5 % выше, чем в контрольном древостое. Только на 6-й год действия удобрений (1987) радиальный прирост с N100 и N150 достиг уровня контроля, а в опыте с N200 был существенно ниже его (на 32,4 %). Таким образом, в сухих условиях сосняка лишайникового азотные удобрения, особенно в дозах 100 кг/га и 200 кг/га, уменьшили отрицательное влияние засушливого периода августа 1985 г. и способствовали формированию равномерного радиального прироста, в котором не было резких «скачков», снижение в дендроцикле было постепенным и плавным (рисунок).

В среднем за 6 лет после удобрения в сосняке лишайниковом азотные удобрения в опыте с N100 увеличили радиальный прирост на 41,9 %, N150 – на 59,7 %, N200 – на 50,1 % по сравнению с контролем.

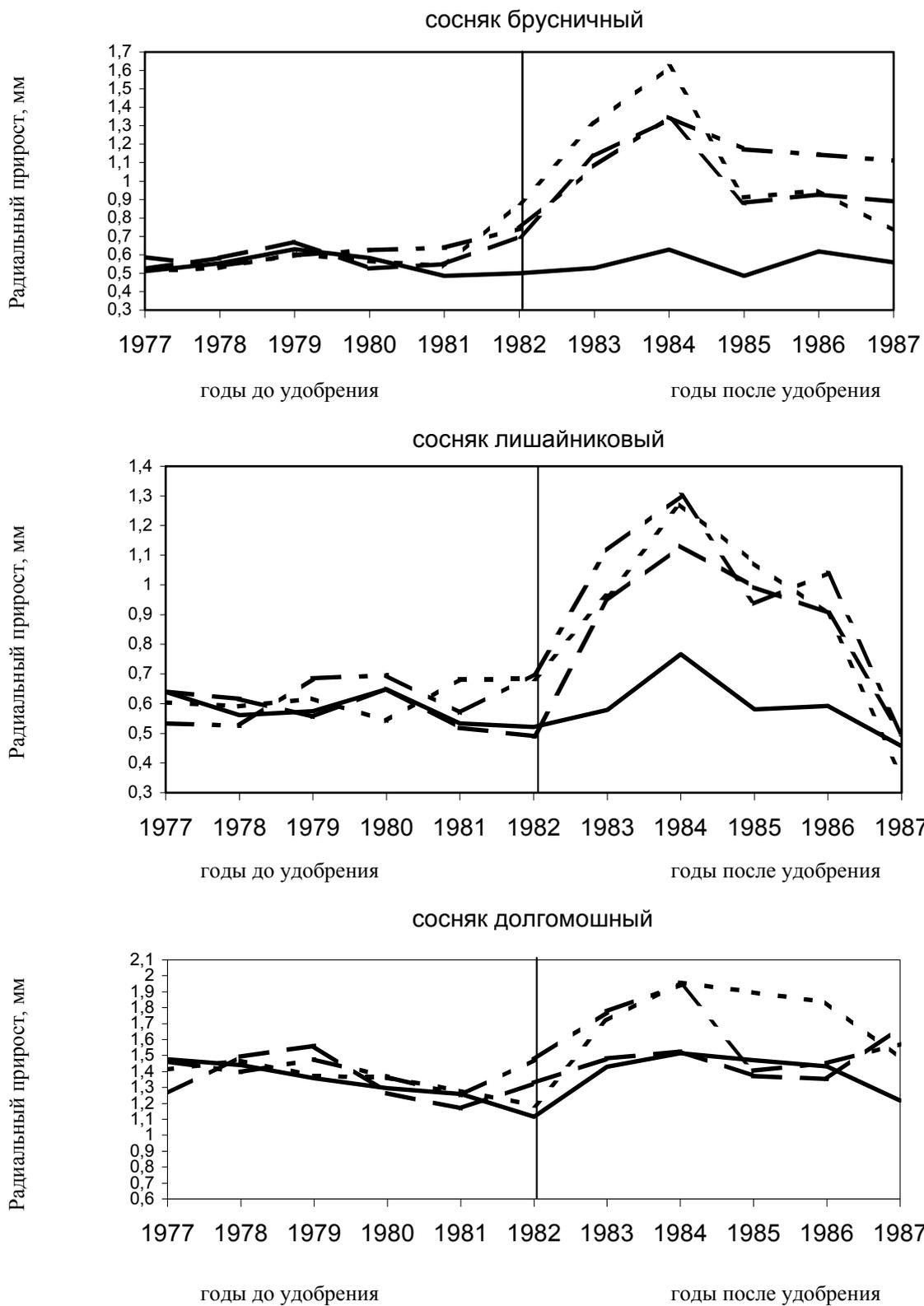


Рисунок. Радиальный прирост (мм) за период действия азотных удобрений в сосняках разных типов леса. Условные обозначения для радиального прироста:
 Контроль ————— N150 — · —
 N100 — — — — N200 ······

В сосняке долгомошном азотные удобрения мало повлияли на величину и динамику радиального прироста, он незначительно отличался от контрольного древостоя (рисунок). В первые 3 года после удобрения ШГС достоверно увеличилась в опытах с N150 и N200 – на 28,2...32,4 % по сравнению с контролем. В этом типе леса на 4-й год после удобрения (1985) в опытах с азотными удобрениями и в контрольном древостое не было резкого спада в динамике радиального прироста, в отличие от других типов леса. Но только N200 на 4-й и 5-й годы после удобрения существенно увеличили ШГС на 27,9...28,9 % по сравнению с контролем.

Азотные удобрения в этом типе леса оказали свое влияние и на 6-ой год после их внесения (1987), во всех дозах они повысили радиальный прирост на 21,6...38,0 % по сравнению с контролем. В среднем за 6 лет действия азотных удобрений в сосняке долгомошном существенно увеличили радиальный прирост N150 – на 18,8 % и N200 – на 24,5 %. В опыте с N200 формировался более равномерный радиальный прирост по сравнению с другими вариантами опыта (рисунок).

Таким образом, в изучаемых типах леса азотные удобрения наиболее эффективны в спелых сосняках, брусничном и лишайниковом. В этих типах леса они во всех дозах значительно увеличили радиальный прирост. В сосняке брусничном N150, а в сосняке лишайниковом N100 и N200 способствовали формированию более равномерного строения древесины сосны по сравнению с контрольным (неудобренным) древостоем и другими вариантами опыта, а также повысили устойчивость древостоев к воздействию неблагоприятных климатических факторов. В приспевающем сосняке долгомошном азотные удобрения были менее эффективны. В этом типе леса перед внесением удобрений, видимо, необходимо проводить осушительную лесомелиорацию. Наши исследования показали, что, учитывая типы

леса, дозы удобрений, дендроциклы радиального прироста и климатические факторы за годы до удобрения и в год внесения удобрений, можно значительно повысить эффективность удобрения лесных насаждений.

Библиографический список

1. Вярбила В. В. Влияние минеральных удобрений на рост и продуктивность сосновых насаждений в связи с колебаниями климата и разреживанием: Автореф. дис...канд. с.-х. наук. – Минск, 1983. – 24 с.
2. Гелес И. С., Шубин В. И., Коржицкая З. А. Влияние удобрений на некоторые свойства древесины сосны // Лесоведение. – 1987. – № 4 – С. 72–77.
3. Звирбуль А. П. Влияние карбамида на взаимосвязь толщины годичных колец сосны по классам роста в зависимости от климатических показателей // Лесоведение, лесные культуры и почвоведение. (Повышение продуктивности лесов в Европейской части СССР). – Л.:ЛТА, 1986. – С. 38–44.
4. Мальщук В. И. Лесоводственные основы повышения продуктивности сосновых лесов Унженской низменности: Автореф. дис...канд. с.-х. наук. – М., 1988. – 20 с.
5. Паавилайнен Э. Применение минеральных удобрений в лесу / Перевод с финского Л.В. Блюдника. Под редакцией В.С. Победова. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 96 с.
6. Победов В. С. Исследование и обоснование применения минеральных удобрений в интенсивном лесном хозяйстве (на примере Белорусской ССР): Дис...докт. с.-х. наук. – Гомель, 1981. – 450 с.
7. Прозина М. Н. Ботаническая микротехника. – М.: Высшая школа, 1960. – 206 с.
8. Proceedings of the 7th annual Conference of the IB-FRA Sustainable development of Boreal forests. August 19–23, 1996, St. Petersburg, Russia. – Moscow – 1997. – 209 с.
9. Сляднев А. П. Комплексный способ выращивания сосновых насаждений. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 105 с.
10. Усыхание лесов. По материалам обзора санитарного и лесопатологического состояния лесов России за 2001 // Лесохозяйственная информация. – 2002. – №10. – С. 21–27.
11. Шлейнис Р. И., Вярбила В. В. Опыт прогнозирования эффективности минеральных удобрений в сосновых насаждениях. – Каунас: Лит НИИЛХ, 1985. – 11 с.
12. Шумаков В. С. Применение минеральных удобрений в лесах (обзор). – М.: ЦБНТИ лесхоз, 1971. – 20 с.

РОЛЬ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ В ПОВЫШЕНИИ ФИТОЭКСТРАКЦИИ СВИНЦА ДРЕВЕСНЫМИ РАСТЕНИЯМИ ИЗ ВОДНОГО РАСТВОРА

И.Е. АВТУХОВИЧ, докторант кафедры лесоводства МГУЛ, канд. биол. наук

Тяжелые металлы, попадая в окружающую среду, оказывают неблагоприятное воздействие на наземные и водные экосистемы. При этом эмиссии таких химических элементов, как цинк, свинец, никель, марганец, медь и кадмий, образуемые в результате добычи руд и выплавки из них металлов значительно больше загрязняют водисточники, чем почвенный покров. Экологическая ситуация регионов может быть еще более усугублена, если загрязненные воды рек используются для орошения сельскохозяйственных земель. Поступление тяжелых металлов в водные экосистемы приводит к загрязнению питьевой воды, рыбной продукции и орошаемых сельскохозяйственных культур, а, следовательно, может иметь тяжелые последствия для здоровья человека.

Дороговизна и недостаточная эффективность способствовали поиску более дешевых и простых способов очистки и/или доочистки сточных вод от тяжелых металлов [1]. К числу таких технологий будущего следует отнести фиторемедиацию промышленных сточных вод, заключающуюся в очистке последних от тяжелых металлов путем их поглощения, аккумуляции или осаждения с помощью высших водных растений (макрофитов) и наземных растений с последующей переработкой, утилизацией или захоронением их загрязненной биомассы на специальных участках. В настоящее время уже разработаны технологии для переработки загрязненных растений для выделения из них металлов [2].

К настоящему времени уже проведен ряд экспериментов по очистке вод, загрязненных тяжелыми металлами, с помощью

водных и некоторых сельскохозяйственных растений: *Elodea Canadensis*, *Potamogeton natans*, *Helianthus annuus*, *Curcubita maxima* и *Brassica juncea*, *Indian mustard*, *Calamagrostis sp.*, *Zebrina pendula Schnizl.*, *Pereskia aculeate Mill.*, *Nicotiana rustica L.*, гинура золотистая *Gynura aurantiaca Bl. DC* и сыть очереднолистная *Cyperus alternifolius L.*

Предполагается [2], что деревья окажутся особенно удобными для реализации технологии фиторемедиации благодаря большим корневым системам, долгому периоду жизни и огромной надземной биомассе. Это подтверждено в опытах И.А. Золотухина и др. (1995) для тополя черного (*Populus nigra L.*) и фикуса вишневидного (*Ficus cerasiformis Desf.*). Так, данные растения за одни сутки заметно снизили содержание Cd, Cu, Zn, Co, Gr и Mn в водном растворе.

Однако естественная способность древесных растений к накоплению металлов относительно невысока. Поэтому повышение аккумуляции и выноса поллютантов из водных растворов, посредством применения индукторов этих процессов является вполне целесообразным. К эффективным индукторам фитоэкстракции относятся органические кислоты, являющиеся хелатообразующими агентами. Они действуют как транспортные средства для металлов, снижая их токсичность и облегчая поглощение растениями.

Цель нашей работы – проведение сравнительного изучения влияния различных органических кислот: ЭДТА, лимонной и щавелевой – на повышение поглощения и выноса свинца четырехлетними сеянцами лиственницы сибирской из водного питательного раствора.

Объекты и методика

Объектами исследований явились четырехлетние сеянцы лиственницы сибирской (*Larix sibirica*). Внесение свинца в дозе 5 мг/л раствора, а также вышеуказанных органических кислот, осуществлялось в дозах 1 ммоль/л раствора 3 раза за вегетационный сезон по схеме: I – Pb, без кислоты; II – Pb + ЭДТА; III – Pb + щавелевая кислота; IV – Pb + лимонная кислота, в восьмикратной повторности. Состав питательного раствора был следующим в г/л воды: NH_4NO_3 -0,24; $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -0,172; MgSO_4 безводная-0,06; KCl -0,16; FeCl_3 -0,025; $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -0,344; $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ -0,5; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ -0,1 и $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ -0,1 мг/л, при pH в начале опыта = 6,62.

Для анализа растений на содержание в них поллютанта было осуществлено их разделение на части: корни, стволы + ветки и листья, высушивание, измельчение и сжигание в муфельной печи при температуре $t = 450^\circ\text{C}$. После этого пробоподготовка растительного материала производилась по методике [4]. Анализ металлов осуществлялся на атомноабсорбционном спектрофотометре «Perkin Elmer».

Результаты и обсуждение

По сравнению с другими вариантами в нашем эксперименте наибольшее содержание свинца в корнях растений отмечено в варианте II – с применением ЭДТА. Так, по снижению накопления этого элемента, внесенного в дозе 5 мг/л, варианты можно рас-

положить в следующей последовательности: II – (5Pb + ЭДТА) > III – (5Pb + щав.к-та) > IV – (5Pb + лим.к-та) > I – контроль (5Pb + 0) (табл. 1). Таким образом, применение ЭДТА увеличивает накопление свинца в корнях в 1,4 раза по сравнению с контролем, в вариантах же с применением щавелевой и лимонной кислот, соответственно в 1,2 и 1,1 раза. Аналогичная закономерность сложилась по накоплению свинца в стволиках и листьях лиственниц. Так, в варианте с применением ЭДТА содержание свинца в стволиках возросло в 3 раза, а в варианте с внесением щавелевой и лимонной кислот – в 1,5 и 1,4 раза. В листьях растений варианта II содержание свинца увеличилось в 3,2, а в вариантах III и IV – в 1,6 и 1,5 раза (табл. 1).

В целых растениях варианта с применением ЭДТА содержание свинца в среднем увеличилось в 2,4 раза, а в вариантах с применением щавелевой и лимонной кислот – в 1,5 и 1,4 раза. Так, по мере снижения накопления поллютанта в тканях растений варианты можно расположить в следующей последовательности: II > III > IV > I (табл. 1).

Данная закономерность в аккумуляции свинца растениями зависит от величин констант стабильности комплексов, образуемых этим металлом с вносимыми органическими кислотами. Так, по данным В.А. Рабиновича и З.Я. Хавина [3] наибольшая величина этой константы отмечена для Pb-ЭДТА комплекса, далее по убыванию величин следуют константы комплексов, образованных свинцом с щавелевой и лимонной кислотами.

Т а б л и ц а 1

Накопление и вынос Pb сеянцами лиственницы из водного раствора

Накопление и вынос Pb, часть растения		Вариант эксперимента			
		I	II	III	IV
Накопление Pb, мг/кг	корнями	7,93 ± 0,206	10,90 ± 0,204	9,55 ± 0,194	8,88 ± 0,064
	стволиками	6,30 ± 0,025	18,92 ± 0,066	9,24 ± 0,134	8,73 ± 0,159
	листьями	5,75 ± 0,149	18,64 ± 0,179	8,99 ± 0,142	8,64 ± 0,168
	цел. растением	6,66	16,15	9,26	8,75
Вынос Pb, мг/растение		0,184	0,513	0,277	0,254
Процент выноса Pb от дозы его внесения в раствор		0,7	2,1	1,1	1,0

Следует отметить, что во всех вариантах, кроме варианта с применением ЭДТА, свинец накапливался преимущественно в корнях, в то время как в вариантах с применением ЭДТА – в надземных органах. Это также объясняется более высокой константой стабильности Pb-ЭДТА комплексов и большей их растворимостью, что обеспечивает беспрепятственное прохождение свинцом поясков Каспари в пределах эндодермы [5]. Это облегчает перемещение хелатированного поллютанта в корни по апопластическому пути к сосудам ксилемы для дальнейшего его транспорта в надземные органы.

Нами также был подсчитан средний вынос свинца (мг/растение). Этот показатель оказался наиболее высоким в варианте II – (5Pb+ЭДТА) и составил 0,573 мг (табл. 1). Это составило соответственно 2,1 от общей дозы внесения данного поллютанта, рассчитанной на сосуд, тогда как в вариантах I, III и IV вынос этого элемента составил соответ-

ственно: 0,7; 1,1 и 1,0 % от общего свинца, внесенного в питательный раствор.

Таким образом, применение органических кислот повышает фитоэкстракцию тяжелых металлов и, тем самым, способствует очистке загрязненных вод. При этом, наиболее эффективной является ЭДТА.

Библиографический список

1. Галиулин Р.В., Галиулина Р.Р. Профилактика загрязнений ландшафтов тяжелыми металлами: фиторемедиация сточных вод // *Агрохимия*. – №3. – 1999. – С. 84–91.
2. Прасад М.Н. Практическое использование растений для восстановления экосистем, загрязненных металлами // *Физиол. раст.* – Т. 50. – № 5. – 2003. – С. 764–780.
3. Рабинович В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник. – Ленинград: Химия, 1978. – 392 с.
4. Ягодин Б.А., Дерюгин И.П., Жуков Ю.П. и др. Практикум по агрохимии. – М.: Агропромиздат, 1987. – 511 с.
5. Jarvis M.D., Leung D.W.M. Chelated lead transport in *Pinus radiata*: an ultrastructural study // *Environ. and Exp. Botany*, 48, 2002, pp. 21–32.

ДИНАМИКА РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА И НЕКОТОРЫХ ЕГО АНАТОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОДНОКРАТНОГО ВНЕСЕНИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ В СОСНЯК БРУСНИЧНЫЙ

И.И. СТЕПАНЕНКО, доц. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛ

Иntenсивное лесовыращивание древесины определенных качеств – важная задача лесоводства. Применение при этом удобрений является эффективным способом увеличения радиального прироста и древесной продуктивности леса. В результате интенсивного роста удобренных насаждений происходят изменения в строении и качестве древесины. Характер этих изменений зависит от технологических, лесоводственных, климатических и других факторов [1–4, 6, 9, 10].

Наши опыты с минеральными удобрениями в южной тайге Костромской области в разных типах сосновых лесов показали, что в зависимости от вида, дозы удобрений, типа леса, климатических условий удобрения вызывают различные изменения в радиальном приросте и его анатомических пока-

зателях. Наиболее эффективными были азотные удобрения в дозах 100, 150 и 200 кг/га по д. в. в сосняке брусничном.

Сосняк брусничный произрастает в свежих условиях (В₂) на песчаных дерново-средне- и слабоподзолистых, хорошо дренированных почвах, имеет следующие таксационные показатели: состав древостоя – 10С, возраст – 100 лет, класс бонитета – I, среднюю высоту – 28,7 м, средний диаметр – 33,0 см, полноту – 0,8, запас – 370 м³.

Исследования радиального прироста и анатомического строения древесины сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) производились на удобренных и контрольных (неудобренных) пробных площадях. Азотные удобрения в форме карбамида (46 % N) были внесены вручную в мае 1982 г в трех дозах: 100, 150,

200 кг/га д. в. Подбор модельных деревьев проводился с учетом темпов роста и развития деревьев (по классификации Крафта). В данной работе представлены результаты по преобладающему в древостое II классу деревьев (по Крафту). Образцы древесины брались возрастным буром на высоте 1,3 м.

Приготовление препаратов для анатомических исследований проводилось по методикам, принятым в ботанической микротехнике [8]. Измерения радиального прироста: ширины годичных слоев с разделением на раннюю и позднюю зоны, на количество рядов ранних и поздних трахеид, толщины стенок, диаметров трахеид в радиальном и тангенциальном направлениях – выполнялись на поперечных срезах древесины с помощью микроскопа МБР-1 и шкалы окуляр-микрометра МОВ-1-15* и фотографий, сделанных с микропрепаратов. Длина трахеид измерялась с помощью анализатора длины волокон FS-100 после мацерации древесины.

Изучался период формирования древесины за 5 лет до удобрения (1977–1981) и 6 лет после удобрения (1982–1987). Данные удобренных участков сравнивали с контрольными и данными за 5 лет до внесения удобрения. Достоверность различий между удобренными вариантами и контролем была проверена по *t*-критерию Стьюдента. Различия были значительны при вероятности 0,95.

В результате исследования было установлено, что однократное внесение азотных удобрений во всех испытываемых дозах в течение 6 лет оказывает влияние на динамику прироста и размеры трахеид в зависимости от дозы удобрений и климатических факторов.

За 6 лет действия азотных удобрений были выявлены две различные тенденции. Первая была связана со значительным увеличением радиального прироста, ширины годичных слоев в первые 3 года (1982–1984) и процента поздней древесины в годичных слоях сосны в первые 3...4 года после удобрения (1982–1985). Вторая тенденция характеризовалась снижением этих показателей в последующие 2...3 года (1985–1987).

В первые 3 года после удобрения ширина годичных слоев (ШГС) увеличилась

почти в 2,0–2,5 раза по сравнению с контролем за счет увеличения в них общего количества рядов трахеид примерно в два раза, особенно поздних, что привело к повышению доли поздней древесины в годичных слоях на 14,2...40,9 %. Наибольшее увеличение радиального прироста за этот период наблюдалось на 3-й год, а процента поздней древесины – на 2 и 3-й годы после удобрения (рисунок). Наиболее значительные увеличения радиального прироста и доли в нем поздней древесины были при дозах 150 и 200 кг/га. Так, N150 на 2 и 3-й годы после удобрения повысили ШГС соответственно на 104,4 % до 1,08 мм и на 114,3 % до 1,35 мм, а долю поздней древесины – соответственно на 40,9 % до 46,46 % и на 30,9 % до 47,63 %. N200 за эти годы увеличили ШГС соответственно на 147,9 % до 1,31 мм и на 157,6 % до 1,62 мм, способствовали росту доли поздней древесины в годичных слоях соответственно на 25,9 % до 41,51 % и на 20,9 % до 43,97 % по сравнению с контролем. Такие показатели считаются оптимальными для спелой сосны [5, 7].

После периода подъема в 1982–1984 гг. в дендроцикле радиального прироста наметился спад. Переломным был 1985 г. – во второй декаде августа сложились неблагоприятные для роста древостоев климатические условия. Высокая температура воздуха с одновременным дефицитом влаги снизили темпы формирования древесины и привели к снижению радиального прироста в последующие годы (1985–1987) в контрольном и удобренных древостоях. Наибольшее снижение ШГС было в вариантах с N200 и N100, менее значительное – с N150 (рисунок). Причем содержание поздней древесины в годичных слоях в опытах с N150 и N200 было довольно высоким и составило соответственно 35,66 % (на 32,3 % больше по сравнению с контролем) и 41,01 % (на 52,2 % больше, чем в контрольном варианте), в то время как в контрольном древостое в 1985 году, доля поздней древесины в годичных слоях снизилась до 26,95 % и была самой низкой за 6 лет (1982–1987).

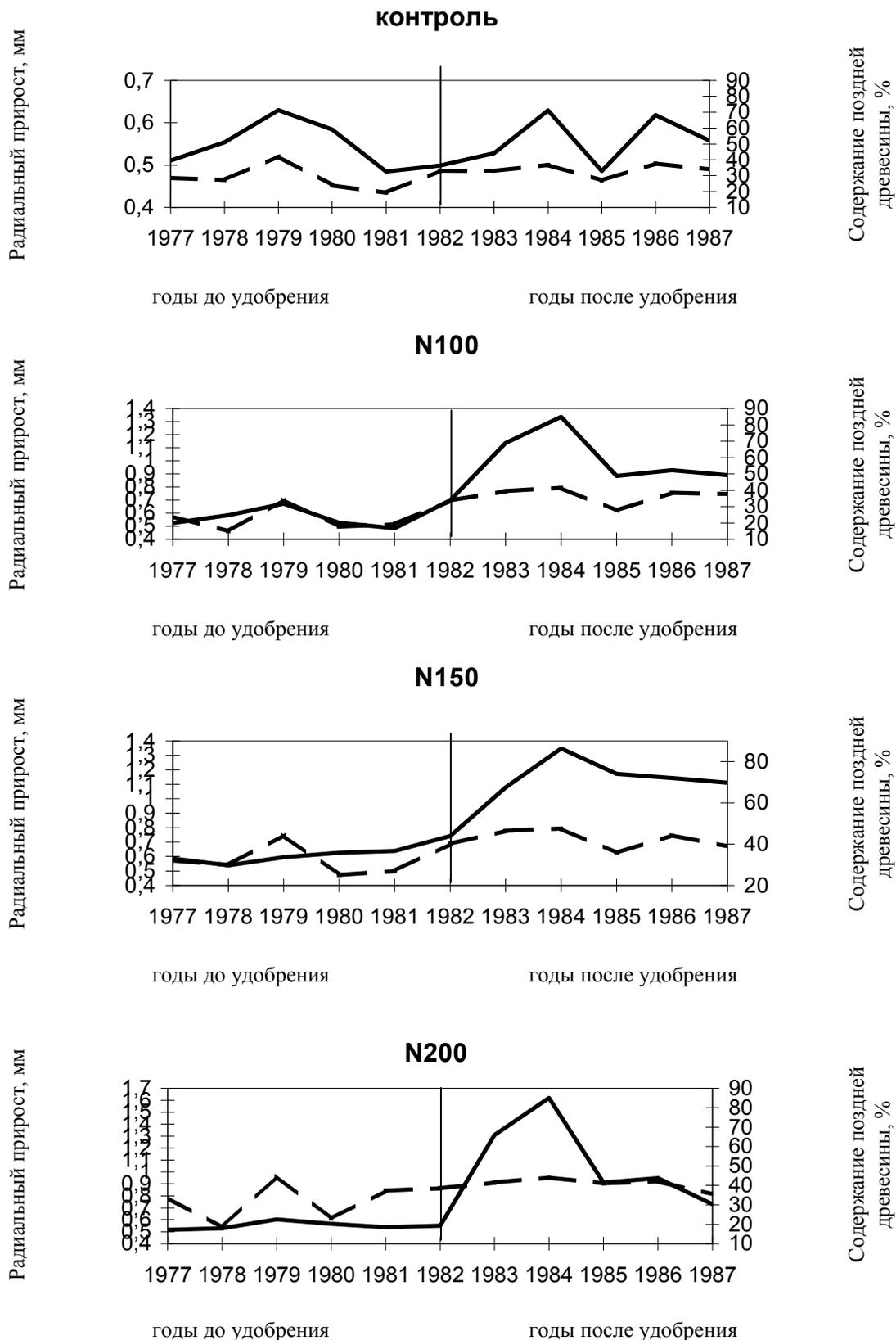


Рисунок. Влияние азотных удобрений на динамику радиального прироста и содержание поздней древесины в годичных слоях сосны в сосняке брусничном. Условные обозначения: Ширина годичных слоев ——— ; содержание поздней древесины - - - -

Динамика показателей микроструктуры древесины сосны за период действия азотных удобрений в сосняке брусничном

варианты опыта	годы после удобрения	показатели микроструктуры древесины									
		диаметры трахеид, мкм				толщина стенок трахеид, мкм				длина трахеид, мм	
		РТ		ПТ		РТ		ПТ		РТ	ПТ
		рад	танг	рад	танг	рад	танг	рад	танг	рад	Танг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
контроль	1982 1	<u>42,1</u> 100,0	<u>31,7</u> 100,0	<u>21,4</u> 100,0	<u>31,3</u> 100,0	<u>3,9</u> 100,0	<u>4,1</u> 100,0	<u>11,9</u> 100,0	<u>17,2</u> 100,0	<u>2,71</u> 100,0	<u>2,50</u> 100,0
	1983 2	<u>35,8</u> 100,0	<u>33,7</u> 100,0	<u>21,3</u> 100,0	<u>30,4</u> 100,0	<u>4,4</u> 100,0	<u>4,5</u> 100,0	<u>10,8</u> 100,0	<u>14,3</u> 100,0	-	-
	1984 3	<u>40,4</u> 100,0	<u>32,7</u> 100,0	<u>23,6</u> 100,0	<u>31,4</u> 100,0	<u>4,7</u> 100,0	<u>4,4</u> 100,0	<u>10,3</u> 100,0	<u>15,5</u> 100,0	<u>2,59</u> 100,0	<u>2,82</u> 100,0
	1985 4	<u>39,9</u> 100,0	<u>36,1</u> 100,0	<u>19,5</u> 100,0	<u>30,0</u> 100,0	<u>4,7</u> 100,0	<u>4,7</u> 100,0	<u>10,4</u> 100,0	<u>16,5</u> 100,0	-	-
	1986 5	<u>38,8</u> 100,0	<u>33,8</u> 100,0	<u>21,1</u> 100,0	<u>28,2</u> 100,0	<u>5,2</u> 100,0	<u>4,2</u> 100,0	<u>11,0</u> 100,0	<u>16,3</u> 100,0	<u>2,57</u> 100,0	<u>2,85</u> 100,0
	1987 6	<u>40,1</u> 100,0	<u>37,0</u> 100,0	<u>20,7</u> 100,0	<u>27,9</u> 100,0	<u>4,7</u> 100,0	<u>4,5</u> 100,0	<u>10,1</u> 100,0	<u>14,2</u> 100,0	-	-
	Ср. За 6 лет	<u>39,5</u> 100,0	<u>34,2</u> 100,0	<u>21,3</u> 100,0	<u>31,8</u> 100,0	<u>2,30</u> 100,0	<u>2,20</u> 100,0	<u>5,40</u> 100,0	<u>7,90</u> 100,0	<u>2,62</u> 100,0	<u>2,86</u> 100,0
N100	1982 1	<u>38,5</u> 91,4	<u>34,4</u> 108,5	<u>20,3</u> 94,9	<u>30,5</u> 98,1	<u>4,4</u> 112,8	<u>4,2</u> 102,4	<u>9,0</u> 75,6	<u>13,9*</u> 80,8	<u>2,49*</u> 91,9	<u>2,94</u> 101,4
	1983 2	<u>39,8*</u> 111,2	<u>35,3</u> 104,7	<u>22,6</u> 106,1	<u>32,6</u> 107,2	<u>4,8</u> 109,1	<u>4,8</u> 106,7	<u>11,3</u> 104,6	<u>15,2</u> 106,3	-	-
	1984 3	<u>42,3</u> 104,7	<u>38,4*</u> 117,4	<u>23,8</u> 100,8	<u>34,7*</u> 110,5	<u>5,3</u> 112,8	<u>5,1*</u> 115,9	<u>12,8*</u> 124,3	<u>17,3</u> 111,6	<u>2,67*</u> 103,1	<u>3,06</u> 108,5
	1985 4	<u>42,4</u> 106,3	<u>37,0</u> 102,5	<u>19,9</u> 102,0	<u>36,0*</u> 120,0	<u>5,1</u> 108,5	<u>5,0*</u> 106,4	<u>12,5*</u> 120,2	<u>16,1</u> 97,6	-	-
	1986 5	<u>41,2</u> 106,2	<u>37,3</u> 110,4	<u>23,4</u> 110,9	<u>34,1*</u> 120,9	<u>5,5</u> 105,8	<u>5,4*</u> 128,6	<u>11,6</u> 105,5	<u>17,7</u> 108,6	<u>2,83*</u> 110,1	<u>3,04</u> 106,7
	1987 6	<u>40,8</u> 101,7	<u>36,3</u> 98,1	<u>22,8</u> 110,1	<u>33,6*</u> 120,4	<u>5,4*</u> 114,9	<u>5,2*</u> 115,6	<u>11,8*</u> 116,8	<u>15,9</u> 112,0	-	-
	Ср. за 6 лет	<u>40,8</u> 103,3	<u>36,5*</u> 106,7	<u>22,1</u> 103,8	<u>33,6*</u> 105,7	<u>2,55</u> 110,9	<u>2,45</u> 111,4	<u>5,75</u> 106,5	<u>8,00</u> 101,3	<u>2,66</u> 101,5	<u>3,01</u> 105,2
N150	1982 1	<u>40,2</u> 95,5	<u>33,2</u> 104,7	<u>19,1</u> 89,3	<u>29,8</u> 95,8	<u>4,0</u> 102,6	<u>4,0</u> 97,6	<u>10,4</u> 87,4	<u>14,7</u> 85,5	<u>2,69</u> 99,3	<u>3,03</u> 104,5
	1983 2	<u>31,5</u> 88,0	<u>32,5</u> 96,4	<u>22,0</u> 103,3	<u>33,0</u> 108,6	<u>4,2</u> 95,5	<u>4,2</u> 93,3	<u>12,7*</u> 117,6	<u>17,4*</u> 121,7	-	-
	1984 3	<u>40,2</u> 99,5	<u>36,1*</u> 110,4	<u>23,5</u> 99,6	<u>35,2*</u> 112,2	<u>4,7</u> 100,0	<u>4,7</u> 106,8	<u>12,8*</u> 124,3	<u>17,9*</u> 115,5	<u>2,81*</u> 108,5	<u>3,17</u> 112,4
	1985 4	<u>38,2</u> 95,7	<u>37,1</u> 102,8	<u>23,6*</u> 121,0	<u>34,7*</u> 115,7	<u>4,9</u> 104,3	<u>5,0</u> 106,4	<u>13,0*</u> 125,0	<u>18,5</u> 112,1	-	-
	1986 5	<u>40,5</u> 104,4	<u>36,7</u> 108,6	<u>23,5</u> 111,4	<u>34,5*</u> 122,3	<u>4,7</u> 90,4	<u>4,7</u> 111,9	<u>11,4</u> 103,6	<u>17,1</u> 104,9	<u>2,41*</u> 93,8	<u>3,01*</u> 105,6
	1987 6	<u>38,6</u> 96,3	<u>38,4</u> 103,8	<u>23,4</u> 113,0	<u>33,9*</u> 121,5	<u>4,9</u> 104,3	<u>5,0</u> 111,1	<u>11,4*</u> 112,9	<u>16,2*</u> 114,1	-	-
	Ср. за 6 лет	<u>38,2</u> 96,7	<u>35,7</u> 104,4	<u>22,5</u> 105,6	<u>33,5*</u> 105,3	<u>2,30</u> 100,0	<u>2,30</u> 104,6	<u>6,00*</u> 111,1	<u>8,50</u> 107,6	<u>2,64</u> 100,8	<u>3,07*</u> 107,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
N200	<u>1982</u> 1	<u>39,4</u> 93,6	<u>34,2</u> 107,9	<u>22,5</u> 105,1	<u>33,5</u> 107,7	<u>4,3</u> 110,3	<u>4,4</u> 107,3	<u>9,6*</u> 80,7	<u>16,4</u> 95,3	<u>2,85*</u> 105,2	<u>3,03</u> 104,5
	<u>1983</u> 2	<u>40,7</u> 113,7	<u>39,3*</u> 116,6	<u>23,6</u> 110,8	<u>36,4*</u> 119,7	<u>4,9</u> 111,4	<u>4,9</u> 108,9	<u>12,8*</u> 118,5	<u>18,6*</u> 130,1	-	-
	<u>1984</u> 3	<u>37,8</u> 93,6	<u>39,0*</u> 119,3	<u>24,7</u> 104,7	<u>36,1</u> 115,0	<u>5,2</u> 110,6	<u>4,9</u> 111,4	<u>12,4*</u> 120,4	<u>17,2*</u> 111,0	<u>2,90*</u> 112,0	<u>3,21*</u> 113,8
	<u>1985</u> 4	<u>36,2</u> 90,7	<u>35,8</u> 99,2	<u>21,6</u> 110,8	<u>35,0*</u> 116,7	<u>4,4</u> 93,6	<u>4,7</u> 100,0	<u>12,3*</u> 118,3	<u>17,2</u> 104,2	-	-
	<u>1986</u> 5	<u>38,7</u> 99,7	<u>36,3</u> 107,4	<u>21,7</u> 102,8	<u>35,2*</u> 124,8	<u>4,9</u> 94,2	<u>4,9</u> 85,7	<u>12,0*</u> 109,1	<u>17,0</u> 104,3	<u>2,69</u> 101,9	<u>3,02*</u> 106,0
	<u>1987</u> 6	<u>38,6</u> 96,3	<u>36,6</u> 98,9	<u>20,8</u> 100,5	<u>34,5*</u> 123,7	<u>4,7</u> 100,0	<u>4,8</u> 106,7	<u>11,9*</u> 117,8	<u>18,0*</u> 126,8	-	-
	Ср. за 6 лет	<u>38,6</u> 97,7	<u>36,9*</u> 107,9	<u>22,5</u> 105,6	<u>35,1*</u> 110,4	<u>2,35</u> 102,2	<u>2,40</u> 109,1	<u>5,90</u> 109,3	<u>8,70*</u> 110,1	<u>2,79*</u> 106,5	<u>3,09*</u> 108,0

Примечание: 1. * – различие с контролем существенно с вероятностью 0,95 ($t_{\phi} > t_T$), $t_T = 2,3; 2,4$ 2. Числитель – абсолютные значения признака, знаменатель – проценты от контроля 3. РТ – ранние трахеиды, ПТ – поздние трахеиды и их размеры в радиальном (рад.) и тангенциальном (танг.) направлениях

На 5-й год после удобрения (1986) в опыте с N150 радиальный прирост и процент поздней древесины оставались довольно высокими по сравнению с контролем. В опытах с N100, N200 и в контрольном варианте после спада этих показателей наметился некоторый подъем в их значениях (рисунок). К концу 6-го года действия удобрений (1987) ШГС во всех удобренных вариантах была выше, чем на контроле: в опытах с N100 – на 59,3 %, с N150 – на 99,1 %, с N200 – на 31,0 %. Некоторое увеличение доли поздней части годового слоя в 1987 году оказалось несущественным.

В среднем за 6 лет действия азотных удобрений радиальный прирост увеличился с N100 на 76,9 %, N150 – на 98,7 %, N200 – на 92,9 %, доля поздней древесины в годовых слоях сосны повысилась соответственно на 8,3 %, 25,6 % и 20,2 % по сравнению с контролем.

Таким образом, N150 уменьшили отрицательное влияние неблагоприятного для роста древостоев засушливого периода в большей степени, чем азотные удобрения в других дозах, а также способствовали формированию равномерной структуры годовых слоев древесины сосны.

Азотные удобрения положительно повлияли и на другие анатомические показатели радиального прироста – на размеры ранних и поздних трахеид. Они способство-

вали увеличению диаметров, толщины стенок и длины трахеид.

Азотные удобрения во всех дозах вызвали постепенное повышение диаметров поздних трахеид в тангенциальном направлении N100 и N150 на 3...6-й годы после удобрения (1984–1987), N200 – на 2...6-й годы действия удобрений (1983–1987), наибольшие значения были на 4...6 годы после внесения удобрений (таблица). В среднем за 6 лет азотные удобрения увеличили диаметры поздних трахеид на 5,3...10,4 % (таблица). На диаметры ранних трахеид в тангенциальном направлении оказали влияние N100 и N200. В среднем за 6 лет действия удобрений они увеличили этот показатель на 6,7...7,9 %, максимальные его значения наблюдались на 3-й год после удобрения (таблица).

Азотные удобрения, особенно N150 и N200, вызвали утолщение стенок поздних трахеид в радиальном направлении на 9,3...11,1 %, N200 в тангенциальном направлении – на 10,1 % в среднем за 6 лет, наибольшее повышение толщины стенок отмечено на 2...4-й годы после удобрения (таблица).

Азотные удобрения во всех дозах способствовали увеличению длины ранних и поздних трахеид. С повышением дозы удобрения наблюдалось более значительное удлинение трахеид. Достоверное увеличение

длины ранних трахеид в среднем за 5 лет на 6,5 % вызвали N200, наибольшее увеличение этого показателя было на 3-й год после удобрения в опытах с N150 и N200 и на 5-й год – в опыте с N100. N200 способствовали удлинению ранних трахеид на 5,2 % по сравнению с контролем уже в 1-й год действия удобрений (таблица). Положительно повлияли на длину поздних трахеид N150 и N200. В среднем за 5 лет они увеличили этот показатель соответственно на 7,3 и 8,0 % по сравнению с контролем. Во всех опытах с азотными удобрениями наиболее длинные поздние трахеиды формировались на третий год после удобрения, но и на 5-й год действия удобрений длина поздних трахеид была существенно больше по сравнению с контролем (таблица). Таким образом, азотные удобрения в дозах 150 и 200 кг/га оказывают положительное влияние на поперечные размеры, длину ранних и особенно поздних трахеид.

Наши исследования динамики радиального прироста и его анатомических показателей в результате однократного внесения азотных удобрений в разных дозах в сосняк брусничной свидетельствуют о значительном и продолжительном (в течение 6 лет) влиянии удобрений на строение древесины сосны в зависимости от дозы удобрений и климатических факторов. В условиях сосняка брусничного южной тайги азотные удобрения, особенно в дозе 150 кг/га по д.в., способствуют формированию радиального прироста равномерного строения с оптимальными анатомическими показателями древе-

сины сосны. Таким образом, с помощью азотных удобрений в сосняке брусничном можно значительно повысить радиальный прирост древостоев и получать древесину высокого качества.

Библиографический список

1. Вярбила В. В., Шлейнис Р. И. Влияние удобрения сосновых насаждений на качество древесины // Лесн. хоз-во. – 1981. – № 12. – С. 8–11.
2. Гелес И. С., Шубин В. И., Коржицкая З. А. Влияние удобрений на некоторые свойства древесины сосны // Лесоведение. – 1987. – №4 – С. 72–77.
3. Звирбуль А. П., Некрасова Г. Н., Полубояринов О. И. Влияние удобрения сосновых насаждений карбамидом на качество древесины // Изв. вузов. Лесной журнал. – 1976 – №6 – С. 18–22.
4. Звирбуль А. П. Влияние карбамида на взаимосвязь толщины годичных колец сосны по классам роста в зависимости от климатических показателей // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение. (Повышение продуктивности лесов в Европейской части СССР). – Л.: ЛТА, 1986. – С. 38–44.
5. Мелехов И. С. О качестве северной сосны. – Архангельск: Севгиз, 1932. – 20 с.
6. Паавилайнен Э. Применение минеральных удобрений в лесу/ Пер. с финского Л. В. Блюднка. Под ред. В. С. Победова. – М.: – Лесн. пром-сть, 1983. – 96 с.
7. Перельгин Л. М. Строение древесины. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – 199 с.
8. Прозина М. Н. Ботаническая микротехника. – М.: Высшая школа, 1960. – 206 с.
9. Сляднев А. П. Комплексный способ выращивания сосновых насаждений. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 105 с.
10. Степаненко И. И. Влияние минеральных удобрений на строение и формирование древесины сосны в связи с типами леса: Автореф. дис... канд. биол. наук. – М., 1993. – 24 с.

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ СУБАЛЬПЬСКИХ БУКНЯКОВ АРСИАНСКОГО ХРЕБТА АДЖАРСКОЙ АР

З.К. МАНВЕЛИДЗЕ, *Батумский ботанический сад АН Грузии*

Арсиянский хребет представляет собой типичную горную экосистему аджаро-шавшетского флористического округа Колхидской провинции и основой его флори-

стического разнообразия является автохтонная флора, происходящая из центра средиземноморской растительности третичного периода [2, 4]. В отличие от других флори-

стических регионов Кавказа, в этой части южной Колхиды влияние теплого климата Черного моря хорошо отражается и на самых верхних границах распространения лесной растительности; большая часть представителей Колхидской флоры здесь встречается практически во всех высотных поясах [4].

Субальпийская лесная растительность Арсианского хребта охватывает высоты от 2000 (2100) до 2400 (2450) м над уровнем моря. Она представлена в основном буковыми формациями с различными эколого-генетическими группами травяного покрова, среди которых наиболее широкое распространение имеют букняки с субальпийским высокотравным напочвенным покровом (*Fagetum alherbosum*), а также ценотическими группировками эндемичной и реликтовой древесной растительности – *Betula medwedewii*, *Quercus pontica*, *Sorbus subfusca*, *Rhamnus imeritina*, *Corilus colchica* и многих других. Эти весьма самостоятельные с биоэкологической и флорогенетической точки зрения растительные сообщества определяют высокие консервативные ценности субальпийских лесных экосистем южной Колхиды и наряду с другими важнейшими параметрами биоразнообразия приобретают особо важное природоохранное значение [3, 11, 12, 19].

Арсианский хребет и его разветвления, откуда берет начало главная река Аджарской АР (р. Аджарисцкали) и ее многочисленные большие и малые притоки, является главным оплотом стабильности горных экосистем в регионе и устойчивого развития населенных пунктов горных ущелий, отличающихся высокой плотностью населения (до 140 человек на 1 км²), высокой долей крутых склонов (83 % склонов имеют крутизну более 20°) и высокими показателями количества атмосферных осадков (от 950 до 3800 мм в год). В таких условиях, наряду с сохранением высоких показателей биоразнообразия растительного покрова на сравнительно небольшой территории Аджарской АР (где имеется более 1900 видов, подвидов и вариаций видов на площади 3000 км²), вы-

сокие показатели основных лесоводственно-экологических характеристик и, соответственно, физических и агрохимических свойств почв субальпийского пояса приобретают большое значение в выполнении жизненно важных для горных экосистем почвозащитных, водоохраных и водорегулирующих функций [7, 8, 10, 13, 18].

Цель исследований

Целью наших исследований было изучение закономерностей изменения основных показателей биоразнообразия субальпийских лесных экосистем (водно-физических и агрохимических свойств почв, видового разнообразия живого напочвенного покрова и развития лесовозобновительных процессов) в условиях антропогенных воздействий разной интенсивности.

Объекты и методы исследований

Объектами исследований являлись горные экосистемы субальпийского пояса в окрестностях Годердзского перевала Арсианского хребта (2000 м над уровнем моря). Основными видами отрицательных антропогенных воздействий на растительные сообщества и почвенный покров являются бессистемные рубки леса, неурегулированный выпас скота, неуправляемые рекреационные нагрузки и чрезмерная урбанизация [14].

С целью изучения закономерностей характера изменения показателей отдельных параметров биоразнообразия и получения сравнительных результатов были выбраны 3 пробные площади: 1) огороженный с 1977 года участок (до огораживания отмечались свободный выпас скота и рекреационные нагрузки); 2) сплошная вырубка; где продолжается интенсивный выпас скота во весь вегетационный период; древостой отсутствует; 3) букняк, деградированный вследствие рубок, свободного выпаса скота и рекреационных нагрузок. Наблюдения на пробных площадях проводились в 2000–2002 гг.

Для оценки изменения живого напочвенного покрова были выбраны 15 пробных участков по 20 м² на каждой пробной площади; обилие видов травостоя оценивалось по

шкале Друде. Естественное возобновление леса было изучено с помощью пробных площадок размером 1×2 м и 2×2 м. Под пологом леса и в естественных «окнах» были заложены ленточные пробные площади размером 1×10 м и 1×20 м, на которых учитывался благонадежный подрост основных древесных пород по грациям высот <0,5 м; 0,5–1,5 м; >1,5 м [5,9].

Во всех лесных формациях были сделаны почвенные разрезы и взяты пробы. Агрегатный анализ почв выполняли методом сухого и мокрого просеивания, анализ гранулометрического состава – по Качинскому. Содержание гумуса определяли по Тюрину, питательных элементов – по Ониани, Маргвелашвили, величину рН водной вытяжки – потенциометрическим методом, водно-физические свойства – методом Вигнера (в 9–12–кратной повторности), микроагрегатный состав – по Качинскому [1, 16]. Результаты исследований были обработаны методами вариационной статистики [6].

Научные результаты исследований и их обсуждение

Почвы на объектах исследований – типичные горно–лесо–луговые (District Regosoli – по ФАО) [17], со средним и тяжелым гранулометрическим составом, развитые на песчаных продуктах выветривания главных горных пород. Почвы во всех разрезах представлены системой генетических горизонтов A₀, A₁, AB, BC, CD, D и имеют среднюю глубину (до 1 м); их морфологические признаки идентичные. Признаки оподзоливания в почвах отсутствуют, что связано с ограничением процессов выветривания. Вертикальные профили почвы в разрезах характеризуются скелетностью, которая увеличивается с глубиной. На всех изученных пробных площадях структура почв с глубиной ухудшается.

Структурный анализ, сделанный методом сухого просеивания в пробах из верхних слоев почвы (0–10 см), показал (табл. 1), что в них преобладают агрегаты размерами 1–3 мм: содержание этой фракции колеблется от 21,9 до 42,8 %. По–видимому, преоб-

ладание агрегатов размерами 1–3 мм является генетическим свойством структуры исследованных почв. Аналогичные результаты отмечены и в других исследованиях, касающихся структуры горно–лесо–луговых почв Аджарии [10, 15].

Несмотря на то, что в верхних горизонтах типичных горно–лесо–луговых почв максимальная доля агрегатов приходится на эту фракцию, содержание ее в почвах на исследованных объектах различно. В частности, максимальная ее доля отмечена на безлесной пробной площади, подверженной интенсивному выпасу скота, тогда как в деградированном неогороженном букняке с пониженной полнотой и на огороженном лесном участке содержание этой фракции почти в 2 раза меньше. В то же время в почвах на двух этих последних пробных площадях увеличивается доля крупных фракций (3–5, 5–7, 7–10 и >10 мм), а на безлесных пастбищных участках происходит разрушение крупных агрегатов и их содержание здесь значительно ниже. Огораживание участков, как показывают результаты анализа, способствовало сохранению агрегатов крупных фракций; содержание мелких фракций (0,5–1 и 0,5–0,25 мм) больше в почве безлесного участка, чем в почве на других пробных площадях.

Результаты структурного анализа, проведенного методом мокрого просеивания, показали, что почвы на безлесных участках, в которых преобладают агрегаты фракции 1–3 мм, мало поддаются разрушительному действию воды; наиболее слабой водопрочностью характеризуются более крупные фракции.

Частичное разрушение агрегатов на безлесных и неогороженных деградированных лесных площадях способствовало увеличению доли фракции <0,25 мм и, соответственно, снижению общего количества водопрочных агрегатов. Согласно результатам анализа, максимальное содержание водопрочных агрегатов в почве огороженного лесного участка равно 82,8 %, а на пастбище и в деградированном лесу – соответственно 76,4 и 71,4 %.

Т а б л и ц а 1

Содержание структурных агрегатов почв в слое 0–10 см, определенное методом сухого и мокрого просеивания

Пробная площадь	Размер агрегатов в мм и содержание фракций в %*								Коэффициент структурности	Количество водопрочных агрегатов [^] 0,25 мм
	>10	10-7	7-5	5-3	3-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25		
Огороженный букняк с полной 0,2–0,3	$\frac{17,7}{-}$	$\frac{16,0}{-}$	$\frac{14,3}{40,1}$	$\frac{20,5}{18,5}$	$\frac{21,9}{13,3}$	$\frac{2,6}{3,3}$	$\frac{4,1}{3,7}$	$\frac{2,9}{17,8}$	3,85	82,2
Дегradированный букняк с полной 0,2–0,3	$\frac{14,6}{-}$	$\frac{15,9}{-}$	$\frac{15,0}{35,5}$	$\frac{18,4}{12,8}$	$\frac{25,2}{7,3}$	$\frac{3,6}{3,3}$	$\frac{5,0}{2,6}$	$\frac{3,9}{28,6}$	4,71	71,4
Пастбище	$\frac{3,1}{-}$	$\frac{5,3}{-}$	$\frac{5,8}{8,3}$	$\frac{15,3}{16,3}$	$\frac{42,8}{35,5}$	$\frac{4,0}{8,7}$	$\frac{10,6}{7,6}$	$\frac{13,1}{23,6}$	5,17	76,4

* – В числителе приведено содержание почвенных агрегатов при сухом просеивании; в знаменателе – содержание водопрочных агрегатов при мокром просеивании, %.

Т а б л и ц а 2

Содержание в почвах гумуса и питательных элементов

Пробная площадь	Глубина, см	Величина pH в суспензиях		Гумус, %	Азот, %		Усвояемый фосфор, мг/100г	Усвояемый калий, мг/100г
		H ₂ O	KCl		гидролизуемый	негидролизуемый		
Огороженный букняк с полной 0,2–0,3	4–12	4,2	3,4	–	–	–	–	–
	12–22	4,7	3,6	8,4	25,2	1,40	15,0	14,0
	22–45	4,6	3,6	5,4	22,4	0,42	17,5	8,0
	45–70	4,7	3,7	–	–	–	12,5	9,0
Дегradированный букняк с полной 0,2–0,3	0–7	4,2	3,5	–	–	–	8,0	8,4
	7–22	4,3	3,6	8,0	19,6	0,70	3,0	8,0
	22–58	4,6	3,4	2,3	11,7	0,14	4,5	8,5
Пастбище	2–14	4,4	3,4	7,8	17,9	0,70	9,5	11,0
	14–25	4,5	3,7	4,9	12,3	0,28	4,5	6,0
	25–70	4,7	3,9	1,8	8,9	0,15	3,0	5,0
	<70	4,8	3,9	–	–	–	4,5	12,0

Почвы на исследованных участках характеризуются высоким содержанием гумуса (табл. 2); в гумусовом горизонте оно колеблется в пределах 7,8–8,4 %. Высокое содержание гумуса имеется и в более глубоких горизонтах почвы (1,8–5,4 %), что отчетливо указывает на положительное влияние лесной растительности на содержание гумуса и накопление питательных элементов. Например, в огороженном букняке, где не проводится выпас скота, в гумусово-аккумулятивном го-

ризонте содержание гумуса составляет 8,4 %, тогда как на безлесном пастбищном участке оно снижается до 7,8 %.

Существенные различия отмечаются и в содержании азота. Наибольшее содержание гидролизуемого азота имеется в почве огороженного букняка (22,4–25,2 %); в дегradированном букняке оно снижается до 11,7–19,6 %, а на пастбище – до 8,9–17,9 %. Содержание негидролизуемого азота также наибольшее в почве на огороженном участке

леса – 0,42–1,40 %; в почве неогороженного букняка и на пастбище оно уменьшается до 0,14–0,70 %. Аналогичные закономерности отмечаются и в содержании усвояемых растениями фосфора и калия. Почвы исследуемых объектов характеризуются очень сильно кислой реакцией (3,4–3,9); сравнительно более высокая кислотность наблюдается в верхних горизонтах; с глубиной она уменьшается незначительно.

Результаты определения физических и водно-физических свойств почв (табл. 3) показали, что огороженный участок леса характеризуется самым высоким показателем некапиллярной пористости почвы ($10,2 \pm 0,18$ %); в почве неогороженного букняка с нерегулируемым выпасом скота и рекреационными нагрузками она снижается до $8,4 \pm 0,15$ %, а на пастбище – до $7,9 \pm 0,18$ %. Общая пористость изменяется в той же последовательности – соответственно $59,7 \pm 0,32$, $56,2 \pm 0,49$ и $53,7 \pm 0,27$ %.

В верхнем слое почвы (0–10 см) самыми низкими показателями плотности характеризуются почвы огороженного букняка – $0,681 \pm 0,3$ г/см³. На неогороженном участке леса этот показатель повышается до $0,735 \pm 0,13$ г/см³; самой высокой плотностью характеризуется почва на пастбище – $0,913 \pm 0,25$ г/см³.

На участке, подверженном интенсивному выпасу скота, и на деградированном

неогороженном участке леса в верхнем слое почвы отмечается сильное ухудшение водопроницаемости; для просачивания 1 литра воды в столбике высотой 100 мм требуется $174,0 \pm 2,0$ мин и $118,0 \pm 1,5$ мин, тогда как на огороженном участке водопроницаемость составляет $42,0 \pm 2,3$ мин.

Вычисленная вероятность различий основных показателей физических и водно-физических свойств почв показала, что самой низкой величины она достигает при сравнении капиллярной пористости почв на огороженном и неогороженном деградированном участках ($W = 50$ %); сравнительно малая разница отмечается также в показателях некапиллярной скважности между почвами участков пастбища и деградированного букняка ($W = 90,5$ %). Во всех остальных случаях вероятность различий превышает 98,5 %.

На огороженном участке, охраняемом от выпаса скота, травяной покров отличается большим видовым разнообразием, высотой и развитием (табл. 4). На неогороженных и огороженных от выпаса участках изменения в напочвенном растительном покрове представляются следующим образом: на неогороженном участке в 1990 г. (по данным Папунидзе, 1990) имелось 5 видов, а на огороженном – 19 видов; в 2000 г. (по нашим данным) на неогороженном участке насчитывалось 30 видов, а на огороженном – 57 видов травянистых растений.

Т а б л и ц а 3

Физические и водно-физические свойства почв на глубине 0–10 см

Пробная площадь	Плотность, г/см ³ (M ± m)	Водопроницаемость, мин (M ± m)	Пористость, %								
			некапиллярная			капиллярная			общая		
			M±m	T	W	M±m	T	W	M±m	T	W
1. Огороженный букняк	0,681 ± 0,3	42,0 ± 2,3	10,2 ± 0,18	7,6	99,9	47,5 ± 0,30	0,46	50,0	59,7 ± 0,32	59,8	99,9
2. Деградированный букняк	0,735 ± 0,13	118,0 ± 1,5	8,4 ± 0,15			47,8 ± 0,58			56,2 ± 0,49		
1. Огороженный букняк	–	–	10,2 ± 0,18	9,0	99,9	47,5 ± 0,30	4,71	99,8	59,7 ± 0,32	14,33	99,8
3. Пастбище	0,913 ± 0,25	174,0 ± 2,0	7,9 ± 0,18			45,8 ± 0,19			53,7 ± 0,27		
2. Деградированный букняк	–	–	8,4 ± 0,15	2,13	90,5	47,8 ± 0,58	3,28	98,5	56,2 ± 0,49	4,47	99,8
3. Пастбище	–	–	7,9 ± 0,18			45,8 ± 0,19			53,7 ± 0,27		

Примечание: M ± m – средняя арифметическая величина и средняя квадратическая ошибка определения; T – достоверность различий между величинами средних показателей; W – вероятность, %.

Изменение живого напочвенного покрова на пробных площадях в огороженном и неогороженном букняке с 1990 по 2000 годы

Вид	Обилие растений по шкале Друде			
	на неогороженном участке		на огороженном участке	
	1990 г.	2000 г.	1990 г.	2000 г.
1	2	3	4	5
1. Achillea millefolium L.	—	—	—	Sp
2. Alhemilla languida Bus.	Cop2	Cop2	Cop 1	Cop1
3. oxisepala Jus.	—	Cop2	—	Cop1
4. dura Bus.	—	—	—	Cop1
5. Arumcus vulgaris Raf	—	—	Sp.	Cop1
6. Campnula latifolia L.	—	—	—	Sp
7. Gadelia lactiflora	—	—	—	Cop1
8. Calamagrostic arundinacea (L.) Roth. var. Kozo-Poljanskii S. Golitz.	—	—	Sp.	Sp.
9. Calamintha menthifolia Host.	—	Sp.	—	Sp.
10. Cardamine hirsute L.	—	—	Cop1.	Sp.
11. Centauria nigrofimbria (C.Koch.) Sosn.	—	—	—	Sp.
12. abbreviata (C. Koch.) Hand-Mazz.	Sp	—	—	Sp.
13. Cicerbita prenanthoides (Bieb.) Beauverd.	—	Cop1	—	Cop1
14. Cirsium hypoleucum Dc.	—	Cop2	—	Cop1
15. C.obvallatum (Bieb) Hand.	—	—	—	Sp.
16. Clinopodium vulgare L.	—	Cop 3	—	Sp
17. Crocus vallicola Herb.	—	Sp	Cop2	Cop2
18. Delphinium flexuosum Bieb.	—	Cop1	Cop1.	Cop1
19. Euphorbia macroceras Fish. et Mey.	—	Cop1	—	Sp
20. E. oblongifolia C. Koch.	—	Sp	—	Sp
21. Epilobium prionophyllum Hausshn.	Sp	—	—	Cop1
22. E. nervosum Boiss.et Buhse.	—	Cop1	Sp	Sp
23. Fragaria vesca L.	—	—	—	Sp
24. Galium palustre L	—	Cop1	—	Cop1
25. Galium cruciata (L) Scop.	—	Cop1	—	Sp
26. Gentiana cruciata L.	—	—	—	Sp
27. Mentha longifolia L.	Soc.	—	—	Sp
28. Mycelis muralis (L.) Dumort.	—	Cop1	—	Sp
29. Nardus glabriculumis Sacalo	—	Cop1	—	Sol
30. Orhis triphylla C. Koch.	—	—	—	Sp
31. Paris quandrifolia L.	—	—	Cop1	Sp
32. P. incompleta Bieb.	—	Sp	Sp.	Sp
33. Plantago major L.	—	Cop1	Sp.	Sp
34. Pl. altissima L.	—	Cop1	—	Sp
35. Polygonum carneum C. Koch.	—	Sp	—	Sp
36. Prunella vulgaris L.	—	Sp	—	Cop1
37. Pyrethrum pathenifolium W.	—	—	Sp.	Sp
38. Rubus caucasicus Focke.	—	Sp	—	Sp
39. Rumex alpestris Jacg. arifolius All.	—	Cop1	—	Sp
40. R. alpinus L.	—	—	—	Cop1
41. Sanicula europea L.	—	—	Cop.	Sp
42. Saxifraga cymbalaria L.	—	Cop1	Cop.	Sp
43. Sedum stoloniferum S. G. Gmel.	—	Cop1	—	Sp
44. S. oppositifolium Sims.	—	Sp	—	Sp
45. S. pallidum Bieb.	—	—	—	Sp
46. Senecio propinguns Schischk.	—	—	—	Sp
47. Silene compacta Fisch. ex. Hornem.	—	—	—	Cop1
48. Stahys iberica Bieb.	—	—	Sp.	Un

1	2	3	4	5
49. <i>Symphytum asperum</i> Lep.	–	–	Cop.	Un
50. <i>Tripholium repens</i> L.	–	Sp	Cop.	Sp
51. <i>Urtica dioica</i> L.	–	Sp	–	Cop1
52. <i>U. urens</i> L.	Cop1	Sp	–	Sp
53. <i>Valleriana alliariifolia</i> Adam.	–	Cop3	Cop1	Cop1
54. <i>Veratrum lobelianum</i> Berhn.	–	Cop2	Cop1	Cop1
55. <i>Tussilago farfara</i> L.	–	–	Cop1	Cop1
56. <i>Athyrium filix –femina</i> Roth.	–	–	–	Cop1
57. <i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.	–	–	–	Sp

Как видно из табл. 4, вследствие паквальных нагрузок в неогороженном букняке живой напочвенный покров представлен небольшим количеством видов. В нем преобладают виды, которые не поедаются скотом, такие, как бодяк, чемерица, белоус, манжетка [14]. В изреженных субальпийских лесах, где имеет место непрерывная пастьба, вышеупомянутые виды распространены повсюду; в результате этого происходит ухудшение пастбищ по видовому составу.

Видовое разнообразие травяного покрова не препятствует возобновлению таких древесных видов, как бук, ель, пихта. Подрост бука, всходы и самосев встречаются в большом количестве. Нужно отметить, что бук лучше приспособлен к высокогорному влажному климату и в отличие от хвойных пород не выпревает в мощных сугробах снега [5].

На неогороженных участках ранней весной наблюдается обильное возобновление бука, но появившиеся всходы и самосев почти полностью уничтожаются при выпасе скота и естественное восстановление леса полностью прекращается.

Результаты изучения естественного возобновления леса на огороженном участке леса показали, что общее количество всходов и подроста достигает 17500 шт./га и оценивается как «удовлетворительное». Дифференциация всходов и подростов по высотным группам показывает, что на высотную группу <0,5 м приходится 51,5 % от общего количества, на группу 0,5–1,5 м – 30,8 %, а на группу >1,5 м – 17,7 %, что указывает на тенденцию постепенного накопления подроста в таких древостоях и перспективу его перехода в главный полог.

Вывод

Таким образом, исходя из наблюдений, проводимых на Арсианском хребте в течение 25 лет, можно сделать вывод, что огораживание и охрана лесных участков от рубок, выпаса скота и рекреационных нагрузок на примере Арсианского хребта за 25-летний период способствует началу процесса лесовозобновления, восстановления основных физических и агрохимических свойств почв и видового состава живого напочвенного покрова. Указанные лесохозяйственные мероприятия вносят важный вклад в сохранение и восстановление биоразнообразия и ценных природоохранных функций субальпийских буковых экосистем южной Колхиды.

Библиографический список

1. Азмаипарашили Л.С., Хараишвили Г.И., Чагелишвили Р.Г. Методика изучения водоохранных свойств горных лесов. – Тбилиси: Мецниереба, 1972. – 66 с.
2. Гагнидзе Р. География растений (фитогеография). – Тбилиси: Изд-во Тбилисского Гос. университета, 1996. – 232 с. (на груз. яз.).
3. Гигаури Г.Н. Биоразнообразие лесов Грузии. – Тбилиси, 2000. – 160 с. (на груз. яз.)
4. Гроссгейм А.А. О новом геоботаническом районировании Кавказа // Ботанический журнал. – Т. 33. – № 6. – 1948. – С. 619–621.
5. Гулисашвили В.З. Горное лесоводство. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1956. – 354 с.
6. Дмитриев Э.Д. Математическая статистика в почвоведении. – М.: изд-во МГУ, 1972. – 289 с.
7. Дмитриева А.А. Определитель растений Аджарии. Т. 1. – Тбилиси: Мецниереба, 1990. – 327 с.
8. Дмитриева А.А. Определитель растений Аджарии. Т. 2. – Тбилиси: Мецниереба, 1990. – 278 с.
9. Инструкция по проведению ежегодной инвентаризации лесных культур, защитных лесонасажде-

- ний, питомников и площадей с проведением мер содействия естественному возобновлению леса / Госкомлес СССР. – М., 1974. – С. 18–21.
10. Манвелидзе З.К., Леонидзе Г. Дж. Влияние растительности субальпийского пояса на основные свойства горно-лесо-луговых почв // Проблемы аграрной науки (сб. научных трудов Тбилисского аграрного университета). Т. XXIV. – 2003. – С. 24–28. (на груз. яз.).
 11. Махатадзе Л.Б., Урушадзе Т.Ф. Субальпийские леса Кавказа // Лесная промышленность. – 1972. – 112 с.
 12. Мемиадзе Н.В. Ботанико-географический обзор эндемичной флоры Аджаро – лазетия // Известия академии наук Грузии. – 2004. – С. 141–143 (на груз. яз.).
 13. Папунидзе В.Р., Манвелидзе З.К. Биоразнообразие лесов Аджарии и их экологическая роль // Проблемы экологии. – Тбилиси: изд-во Тбилисского технического университета. – 2000. – С. 110–119.
 14. Папунидзе В.Р. Деградация субальпийских лесов Грузии под воздействием антропогенной нагрузки и пути их восстановления // Биоэкологические и физиологические особенности интродуцированных растений, экологическая роль горных лесов Аджарии // Известия Батумского Ботанического сада АН Грузии. – Т. 29. «Сабчота Аджара». – Батуми, 1990. – С. 5–25.
 15. Таварткиладзе А. Основные почвы Аджарской АССР. – Батуми, 1983. – 112 с. (на груз. яз.).
 16. Талахадзе М., Накашидзе Л., Кирвалидзе Р. Пособие по лабораторно-практическим занятиям в почвоведении. – Тбилиси: Ганатлеба, 1973. – 338 с. (на груз. яз.).
 17. Урушадзе Т.Ф., Тарасашвили Н.Г., Урушадзе Т.Т. Биоразнообразие почв Грузии // Биологическое и ландшафтное разнообразие Грузии. Материалы национальной конференции, Май 28–29, Тбилиси, 2000. – С. 135–150. (на груз. яз.).
 18. Футкарадзе М. Демографические аспекты экологического состояния Аджарии. // Тр. Батумского Гос. университета (серия «Природоведение»). – 1995. – Т. 1. – С. 173–179. (на груз. яз.).
 19. Хохряков А.П., Манвелидзе З., Мазуренко М.Т., Мемиадзе Н.В. Высокогорная флора северной части Арсианского хребта // Известия Батумского Ботанического Сада АН Грузии. – Т. 30–31. – Тбилиси: Мецниереба, 1998. – С. 132–163.

ЕСТЕСТВЕННОЕ ПОДПОЛОГОВОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ И ВЫСОТНО-ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА ПОДРОСТА ИЛЬМА ГОРНОГО (*ULMUS GLABRA* HUDS.) В ВОДООХРАННО-ЗАЩИТНЫХ ЛЕСАХ ПАВЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (Р. УФА)

И.Ф. ШАЯХМЕТОВ, науч. сотр. Института биологии УНЦ РАН, канд. биол. наук,
А.Ю. КУЛАГИН, зав. лаб. лесоведения Института биологии УНЦ РАН, д-р биол. наук

Естественное возобновление ильма горного (*Ulmus glabra* Huds.), особенно на пределе своего ареала, зависит от экологических условий произрастания. Так на севере своего ареала ильм горный встречается преимущественно под пологом темнохвойных пород и имеет вид вегетативно возобновляющегося кустарника [11, 15]. На восточном склоне Уральских гор произрастает в случае сочетания высокой влажности воздуха и стабилизирующего влияния озера Увильды на резкие колебания температуры приземных слоев воздуха в условиях континентального климата [2].

Прогнозирование лесовозобновительных процессов и восстановление коренных лесов связано с характеристикой естественного возобновления широколиственных

древесных растений. До сих пор ильму горному, несмотря на его значительное участие в лесообразовательных процессах, уделялось мало внимания. Малоизученными остаются динамика роста и возрастная структура подраста ильма.

Объекты и методы исследования

Подпоговое возобновление и анализ высотно-возрастной структуры подраста ильма изучалось в условиях Башкирского Предуралья (Уфимского плато) в пределах водоохранный-защитных лесов Павловского водохранилища (р. Уфа). Уникальность района исследования заключается в сосредоточении на небольшой территории широкого спектра типов лесорастительных условий (ЛРУ) (рис. 1). Здесь выделяются 14 типов

ЛРУ [8, 10]. Особо следует отметить наличие многолетней почвенной мерзлоты на северных и южных мерзлотных склонах, а также представленность в этих лесах практически всех древесных пород-лесообразователей, произрастающих на территории Предуралья и Южного Урала. В пределах водоохранно-защитной полосы Павловского водохранилища отмечается сосредоточение дубняков, кленовников и ильмовников, отсутствующих в центральной части плато [5, 4, 6, 7]. Кроме того, Предуралье является восточным крылом ареала ильма горного [2].

Объектом исследования является мелкий (высотой менее 0,5 м) и крупный подрост ильма горного (*Ulmus glabra* Huds.).

Изучение особенностей подпологового возобновления проводилось методом закладки пробных площадей и обследования насаждений [13, 14]. Пробные площади закладывались по 0,25 га в различных типах ЛРУ. В пределах каждой пробной площади для учета количества мелкого подроста закладывалось по 100 учетных площадок площадью по 0,5 м². Крупный подрост учитывался на 30 площадках площадью по 4 м². На учетных площадках определяли высоту и возраст подроста.

Для анализа высотно-возрастной структуры подрост объединялся в двухлетние возрастные группы, для каждой из которых подсчитывалась средняя высота. При анализе были использованы: кривая линейного хода роста, кривая относительного линейного прироста, кривая относительного участия возрастных групп, а также диаграмма жизненного состояния подроста.

Построение кривой относительного линейного прироста проводилось по точкам, найденным по формуле

$$P_{омн} = ((H_n - H_{n-1}) / H_{n-1}) * 100 \%,$$

где $P_{омн}$ – относительный линейный прирост, %;

H_n – средняя высота подроста данной возрастной группы, см;

H_{n-1} – средняя высота подроста предыдущей возрастной группы, см.

Кривая относительного участия возрастных групп строилась по точкам, определенным по формуле

$$Y_{омн} = (n/N) * 100 \%,$$

где $Y_{омн}$ – относительное участие возрастных групп, %;

n – количество подроста данной возрастной группы, шт.;

N – общее количество подроста в рассматриваемых возрастных группах, шт.

При определении состояния подрост осуществлялась его группировка на «сильноугнетенные», «среднеугнетенные» и «неугнетенные». Группировка проводилась вокруг среднего класса высоты, который определялся по формуле

$$\pm \Delta H_{cp} = (H_{max} - H_{min}) / 6,$$

где $\pm \Delta H_{cp}$ – средняя группа высот, см;

H_{max} – максимальная высота подроста данной возрастной группы, см;

H_{min} – минимальная высота подроста данной возрастной группы, см.

Под понятием «тип жизненного состояния» подразумевается преобладание в каждой выделяемой группе сильноугнетенных, среднеугнетенных или неугнетенных растений. В связи с этим выделяются следующие типы жизненного состояния подроста: процветающий (с преобладанием неугнетенных и среднеугнетенных растений), равновесный (с увеличенной долей среднеугнетенных) и депрессивный (с преобладанием сильноугнетенных растений) [3, 9].

Для изучения особенностей роста и определения календарного возраста впервые для подрост широколиственных пород был применен метод анатомического анализа по следу верхушечной почки побега на продольном срезе стебля. Для этого у каждого образца определяется местонахождение гипокотилия (подсемядольное колено). Затем, начиная с гипокотилия, ствол расщепляется по сердцевине. Далее с использованием монокуляра (МОВ-1-15х) просматривается сердцевина, учитывается количество расширений или воздушных полостей, ежегодно образуемых в основании верхушечной почки

главного побега. В сумме их количество дает точный календарный возраст исследуемых образцов [12, 1].

Результаты и обсуждение

Возобновление ильма приурочено в целом к теплым, умеренно влажным условиям с достаточно плодородными почвами. Этим условиям соответствуют крапивно-снытевый тип ЛРУ (0), где возобновление ильма происходит преимущественно семенным путем. В ильмовнике крапивно-снытевом ильм доминирует в составе древостоя, и доходит до 5 единиц. Количество подроста в этом типе ЛРУ наибольшее и составляет 214,1 тыс.шт/га. Из них 1,0 тыс.шт/га крупного подроста. Столь резкое расхождение в количестве мелкого и крупного подроста связано с массовым самосевом и большим отпадом мелкого подроста на начальных этапах развития. Возобновление ильма в коренных типах леса протекает успешно. Так в пихтаче крапивно-снытевом

ильм входит единично в состав первого яруса и доходит до 5 единиц во втором ярусе. Подрост в этом типе леса преимущественно семенного происхождения. Общее количество подроста 128,8 тыс.шт/га. Количество крупного подроста несколько больше, чем в производном ильмовнике крапивно-снытевом (3,4 тыс.шт/га) (рис. 1).

Успешно происходит возобновление ильма и в крупнопоротниково-снытевом типе ЛРУ (1). Этот тип ЛРУ приурочен к широкому плато с серыми горно-лесными почвами. Коренными типами леса здесь являются ельники и пихтачи. Производные типы леса характеризуются в основном липняками. В ельник-пихтаче крупнопоротниково-снытевом в состав второго яруса ильм входит единично. Количество мелкого подроста ильма преобладает над крупным и достигает 202,7 тыс.шт/га (крупного подроста до 1,5 тыс.шт/га). Большинство растений подроста ильма семенного происхождения.

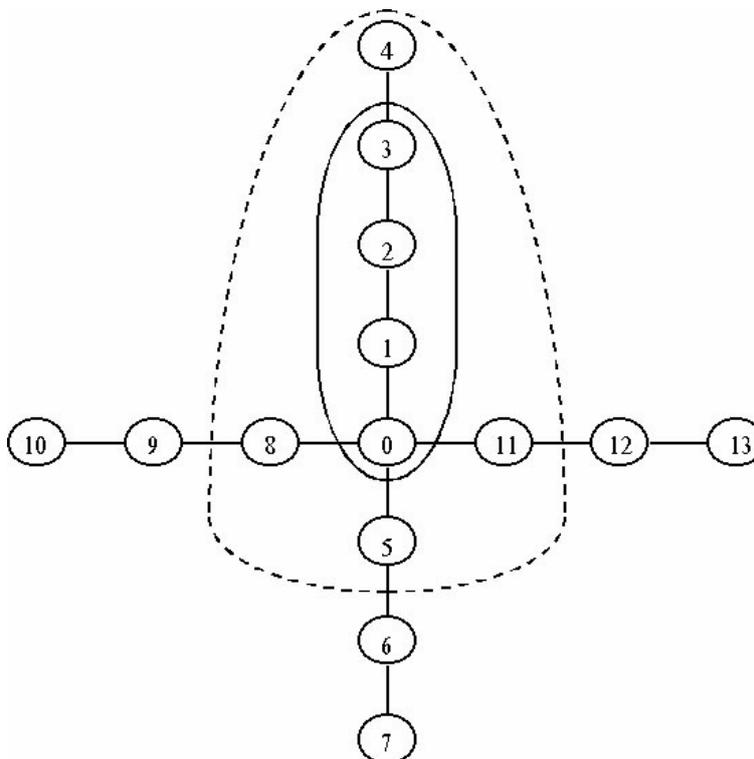


Рис. 1. Экологический ареал ильма горного в различных типах ЛРУ
 (— — доминирующего в древостое, - - - - представленного в составе древостоя единично)
 (схема типов ЛРУ по Ю.З. Кулагину, 1979)
 * – расшифровка номеров по типам ЛРУ дана в тексте

Орляково-снытевый тип ЛРУ (2) представлен на широких плато с плотными красноцветными глинами, характеризуется недостаточным режимом увлажненности почв (особенно в засушливый период) и уменьшением почвенного плодородия. В этом типе ЛРУ коренные типы леса формирует только сосна обыкновенная. Производные типы леса представлены в основном липой и березой. Ильм в липняке орляково-снытевом возобновляется не столь интенсивно, как в крапивно-снытевом и крупнопяпоротниково-снытевом типах ЛРУ. Это обусловлено в первую очередь засушливыми условиями произрастания. Ильм горный в составе древостоя представлен лишь 2 единицами во втором ярусе. Количество подроста достигает 2,6 тыс.шт/га. Крупный подрост в основном вегетативного происхождения и развит слабо. Большое количество мелкого подроста погибает из-за периодического иссушения корнеобитаемого слоя почвы и лесной подстилки.

Несколько лучшие условия произрастания отмечаются в коротконожково-снытевом типе ЛРУ (3). Данный тип лесорастительных условий сложился в результате развития эрозионно-карстовых процессов и локализован на узких плато. В качестве коренных типов леса выступают сосняки. Производные типы леса представлены липняками. В составе липняка коротконожково-снытевого, ильм достигает до 2 единиц во втором ярусе. Подрост в основном семенного происхождения. Количество подроста здесь составило 40,6 тыс.шт/га, из них крупного 3,8 тыс.шт/га.

Наиболее сухим типом ЛРУ является чилиговый (4). Приурочен к крутым инсолируемым склонам с маломощными дерново-карбонатными щебнистыми почвами. В этом типе ЛРУ коренные типы леса в основном представлены сосняками, а производные – дубняками. На сильную инсолируемость данного местопроизрастания указывает преобладание в древостое светолюбивых и ксерофитных пород – сосны и березы, а в составе подлеска – чилиги (караганы кустовидной). То есть гидротермический режим

играет в этом типе ЛРУ лимитирующую роль по отношению к ильму, который не входит даже в состав второго яруса. Подрост ильма в основном представлен вегетативными растениями и не превышает 1,4 тыс.шт/га, из них крупного подроста не более 0,2 тыс.шт/га.

В других типах ЛРУ, которые в основном представлены бореальным комплексом, возобновление ильма идет неудовлетворительно и не превышает 1,0 тыс.шт/га. Исключением является липняково-зеленомошный тип ЛРУ (8), характеризующийся восточными и западными крутосклонами со свежими дерново-карбонатными почвами. Отличается относительно повышенным уровнем почвенного плодородия и влагообеспеченности, о чем свидетельствует и наличие в древостое ильма (до 1 единицы). Коренные типы представлены сосняками, а производные – липняками. В сосняке липняково-зеленомошном количество подроста ильма не превышает 1,9 тыс.шт/га. Подрост ильма в основном вегетативного происхождения.

Изучение динамики роста и возрастной структуры семенного подроста ильма горного проводились до возраста 26 лет в крупнопяпоротниково-снытевом (1) и липняково-зеленомошном (8), до 24 лет – в хвощово-кислично-снытевом (5) и до 22 лет – в коротконожково-снытевом (3) типах ЛРУ.

Кривая хода роста ильма горного (рис. 2, кривая I), произрастающего в липняке крупнопяпоротниково-снытевом (1), свидетельствует, что лишь к 15–16 годам подрост достигает высоты 50 см, отдельные растения достигают этой высоты к 9–10 годам (табл.). По характеру кривой относительного линейного прироста (рис. 2, кривая II) четко выделяются три периода в росте: 1 – замедленного роста до 5–6 лет с незначительным накоплением подроста под пологом древостоя (рис. 2, кривая III); 2 – усиленного роста и значительного накопления подроста до 11–12 лет; 3 – сохраняется прогрессивный рост, с одновременным усиленным отпадом подроста в 17–18 летней возрастной группе.

В первом периоде подрост достигает высоты $14,5 \pm 0,4$ см, во втором – $33,0 \pm 1,4$ см, третьем – $122,2 \pm 5,5$ см (рис. 2, кривая I). Средние годовые линейные приросты соответственно составляют $2,1 \pm 0,1$ см; $4,4 \pm 0,6$ см и $11,4 \pm 0,9$ см. В целом состояние подроста равновесное с увеличенной долей неугнетенных и преобладанием среднеугнетенных особей (рис. 2, IV).

В пихтач-ельнике липняково-зеленомошном (8) высота 50 см преодолевается основной массой подроста в 16 лет (табл.). По характеру кривой относительного линейного прироста (рис. 3, кривая II) выделяются три периода: 1 – медленного роста до 7–8 лет, с незначительным накоплением подро-

та под пологом древостоя (рис. 3, кривая III); 2 – усиленного роста со значительным накоплением подроста в 14 лет; 3 – прогрессивного роста со значительным отпадом. В первом периоде подрост достигает высоты $21,0 \pm 0,7$ см, во втором – $45,1 \pm 2,8$ см и в третьем – $117,8 \pm 11,7$ см (рис. 3, кривая I). Линейный прирост в первом периоде равен $3,3 \pm 0,2$ см, во втором – $6,0 \pm 0,8$ см и третьем – $21,9 \pm 6,0$ см. Тип жизненного состояния подроста в этом типе леса равновесный с преобладанием неугнетенных и среднеугнетенных растений (рис. 3, IV). Лишь в 15–16 лет подрост характеризуется как депрессивный с преобладанием сильноугнетенных растений.

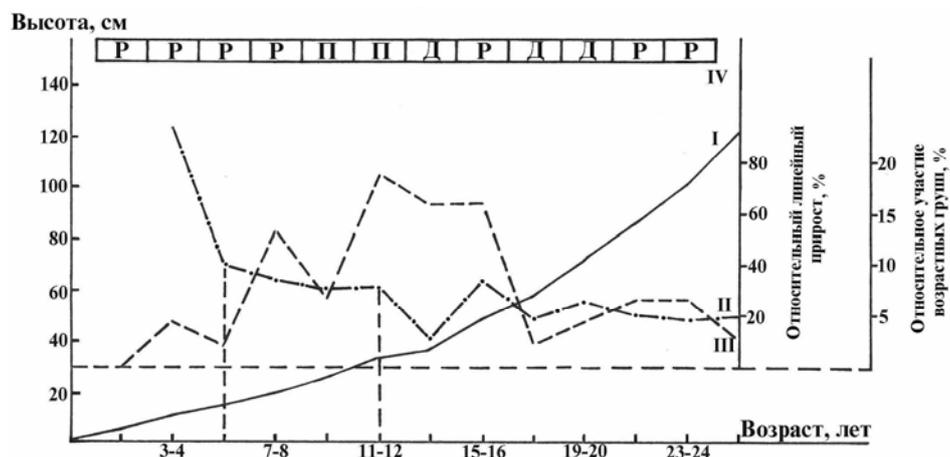


Рис. 2. Высотно-возрастная структура подроста ильма горного в крупнопоротниково-снытевом типе ЛРУ. Условные обозначения: I – кривая линейного хода роста, II – кривая относительного линейного прироста, III – кривая относительного участия возрастных групп, IV – диаграмма жизненного состояния подроста. (П – процветающий, Р – равновесный, Д – депрессивный типы жизненного состояния (по Ю.А. Злобину, 1976))

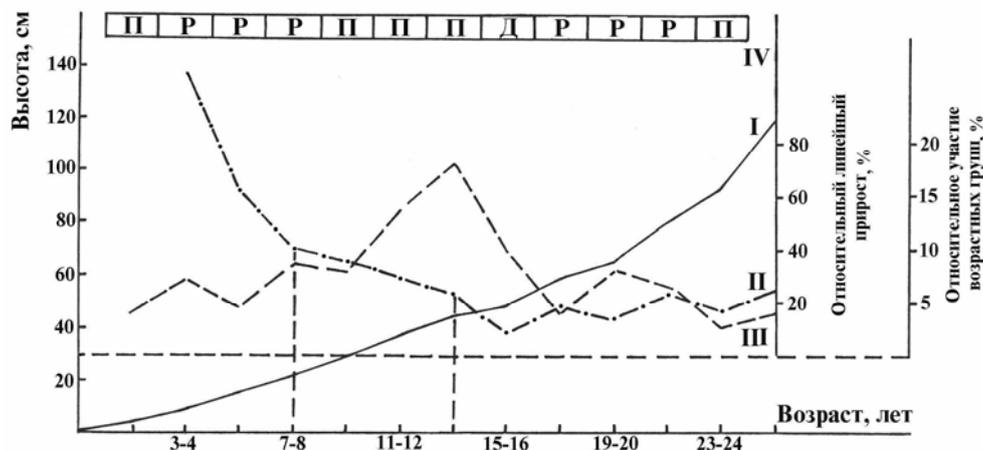


Рис. 3. Высотно-возрастная структура подроста ильма горного в липняково-зеленомошном типе ЛРУ. Условные обозначения: те же, что на рис. 2

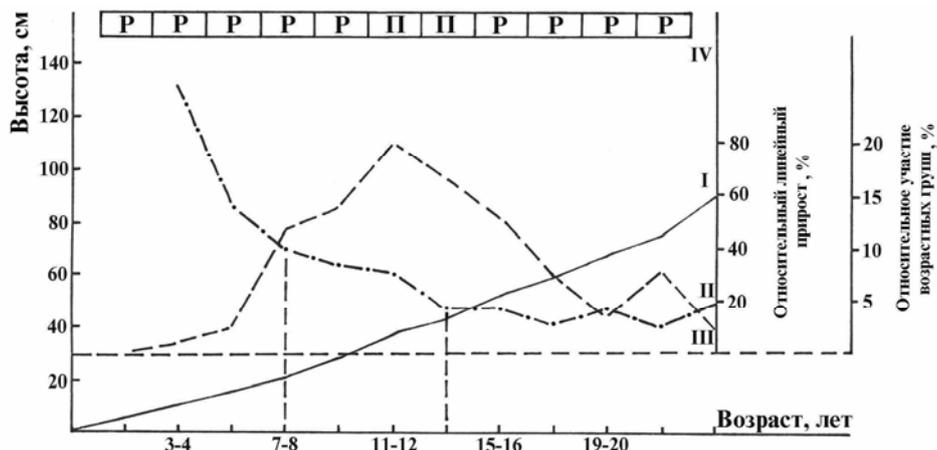


Рис. 4. Высотно-возрастная структура подроста ильма горного в хвощово-кислично-снытевом типе ЛРУ. Условные обозначения: те же, что на рис. 2.

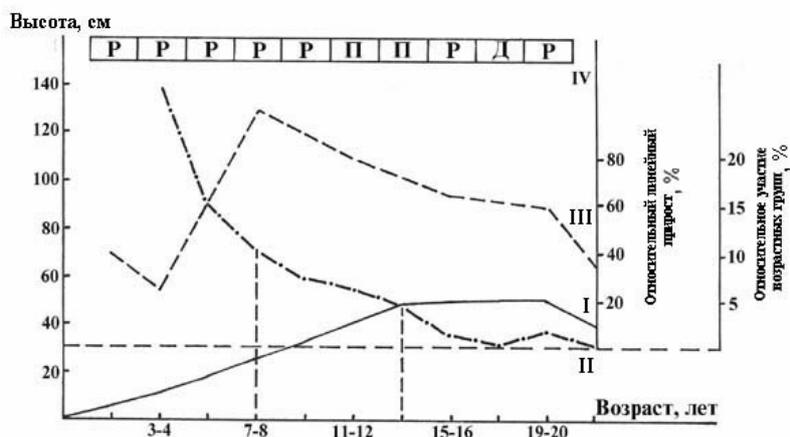


Рис. 5. Высотно-возрастная структура подроста ильма горного в коротконожково-снытевом типе ЛРУ. Условные обозначения: те же, что на рис. 2.

Большинство экземпляров подроста, в ельник-пихтаче хвощово-кислично-снытевом (5), достигает высоты 50 см к 15–16 годам (рис. 4, кривая I), отдельные растения к 11–12 годам (табл.). При рассмотрении высотно-возрастной структуры подроста выделены три периода (рис. 4, кривая II): 1 – замедленного роста до 7–8 лет, со значительным накоплением подроста (рис. 4, кривая III); 2 – усиленного роста со значительным накоплением подроста до 12 лет; 3 – прогрессивного роста с усиленным отпадом подроста. В первом периоде подрост достигает высоты $21,2 \pm 0,5$ см, во втором – $43,7 \pm 1,9$ см и третьем – $90,3 \pm 14,4$ см (рис. 4, кривая I). Среднегодовые линейные приросты соответственно равны $3,3 \pm 0,2$ см, $5,7 \pm$

$0,6$ см и $12,0 \pm 2,7$ см. В целом состояние подроста процветающее с увеличенной долей неугнетенных и преобладанием среднеугнетенных растений (рис. 4, IV).

Подрост под пологом липняка коротконожково-снытевого (3) достигает высоты 50 см в основном к 15–16 годам, отдельные растения к 11–12 годам (табл.). Различимы три периода роста (рис. 5, кривая II): 1 – медленный рост и значительное накопление подроста до 7–8 лет (рис. 5, кривая III); 2 – усиленный рост, сопровождающийся интенсивным отпадом; 3 – замедление роста с интенсивным отпадом подроста. В первом периоде подрост достигает высоты $24,7 \pm 1,3$ см, во втором – $47,5 \pm 1,8$ см и третьем – $40,4 \pm 3,8$ см. Соответственно линейные приросты

ты составили в первом периоде $4,1 \pm 1,0$ см, во втором – $3,9 \pm 1,3$ см и третьем – $8,4 \pm 1,9$ см. Резкое падение высоты растений в третьем периоде объясняется многочисленными перевершиниваниями, побеги замещения при этом характеризуются интенсивным ростом. Тип жизненного состояния подростка в этом типе леса равновесный с преобладанием сильно- и среднеугнетенных растений (рис. 5, IV).

При совместном рассмотрении кривых роста подростка ильма горного под пологом леса в различных типах ЛРУ видно, что в условиях местообитания, приуроченных к широкому плато, западным и восточным крутосклонам, а также к подошвам склонов, развитие идет сходным образом, но с небольшими отклонениями. Так, подрост ильма в липняке крупнопоротниково-снытевом, отставая в интенсивности роста относительно ельник-пихтача хвощово-кислично-снытевого в 11–14 лет на 6,3 см, догоняет его к 18 годам. В первые 14 лет наиболее интенсивно растет подрост в липняке коротконожково-снытевом типе леса, однако затем рост его значительно снижается.

Выводы

1. Успешное возобновление ильма горного в пределах водоохранно-защитных лесов Уфимского плато приурочено к широким (крапивно-снытевый (0) и крупнопоротниково-снытевый (1) типы ЛРУ) и узким (коротконожково-снытевый тип ЛРУ (3)) плато. Указанные типы ЛРУ характеризуются достаточно теплыми, плодородными и умеренно увлажненными условиями. В более сухих условиях (чилиговый тип ЛРУ (4)) возобновление ильма идет неудовлетворительно. В зеленомошной группе лесов семенное возобновление ильма практически отсутствует, так как темнохвойные породы препятствуют разлету семян. В коренных типах леса подрост ильма представлен в основном вегетативными особями. Практически во всех типах ЛРУ, наблюдается преобладание мелкого подростка над крупным.

2. В динамике роста и при характеристике возрастной структуры подростка ильма

горного можно отметить факт малой отзывчивости подростка ильма в первые 12 лет на изменения условий местопроизрастания. Подрост ильма, произрастающий в разных типах ЛРУ, характеризуется практически сходными темпами роста.

3. При анализе высотно-возрастной структуры подростка ильма было выделено три периода интенсивности роста. В первом периоде слабой интенсивности роста (1–8 лет) наблюдается накопление подростка. Затем отмечается усиление темпов роста, что сопровождается накоплением подростка под пологом древостоя (9–13 лет). Резкий отпад подростка ильма наблюдается в третьем периоде. Однако при этом у растений подростка ильма сохраняется прогрессивный характер роста. Это отмечается практически во всех рассмотренных типах леса. В тоже время продолжающийся интенсивный рост способствует переходу среднеугнетенных растений в группу депрессивного состояния, а позже и к интенсивному отпаду подростка.

Библиографический список

1. Бойченко А.М. О методических особенностях определения возраста у подростка хвойных, растущих в Северной тайге // Вестник вузов. Лесной журнал. – 1969. – №6. – С. 151–152.
2. Горчаковский П.Л. Об экологической дифференциации древесных растений европейского широколиственно-лесного комплекса на восточном пределе их распространения // Труды ИБ УрФ АН СССР. – 1965. – Вып. 43. – С. 219–224.
3. Злобин Ю.А. Оценка качества ценопопуляций подростка древесных пород // Лесоведение. – 1976. – №6. – С. 72–79.
4. Кадыльников И.П., Кадыльникова Е.И., Смирнова Е.С., Кудряшев И.К., Цветаев А.А. Физико-географическое районирование Башкирской АССР. // Ученые записки БГУ. Серия географическая. – 1964. – №16. – 210 с.
5. Крашенинников И.М., Кучеровская-Рожанец С.Е. Растительность Башкирской АССР. В кн.: Природные ресурсы Башкирской АССР. – М.-Л.: АН СССР, 1941. – 154 с.
6. Кулагин Ю.З. О многолетней почвенной мерзлоте в Башкирском Предуралье // Экология. – 1976. – №2. – С. 24–29.
7. Кулагин Ю.З., Окишев Б.Ф., Баталов А.А., Мукатов А.Х., Мартыанов Н.А. О типологическом и флористическом своеобразии водоохранно-защитных лесов Уфимского плато в связи с проблемой их охраны // Охрана природы и рациональ-

- ное использование природных ресурсов Урала. – Свердловск: УрНЦ АН СССР, 1978. – С. 59–63.
8. Кулагин Ю.З. О видоспецифичности экологического ареала лесных деревьев // Экология. – 1979. – №3. – С. 23–28.
 9. Мартянов Н.А. Анализ высотно-возрастной структуры подроста хвойных в различных типах леса // Экология хвойных. – Уфа: БФАН СССР, 1978. – С. 63–86.
 10. Мартянов Н.А., Баталов А.А., Кулагин А.Ю. Широколиственно-хвойные леса Уфимского плато. – Уфа: Гилем, 2002. – 222 с.
 11. Окишев Б.Ф. К сравнительной характеристике ели и пихты // Экология хвойных. Уфа: БФАН СССР, 1978. – С. 5–22.
 12. Придня М.В. Опыт определения возраста у подроста ели сибирской по сердцевинным узлам // Лесоведение. – 1967. – №5. – С. 72–77.
 13. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методологические указания к изучению типов леса. – М.: Наука, 1961. – 134 с.
 14. Сукачев В.Н. Основные понятия лесной биогеоценологии. Основы лесной биогеоценологии. – М., 1964. – С. 5–49.
 15. Чистякова А.А. О жизненной форме и вегетативном разрастании липы сердцевидной // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отделение биологическое. 1978. – Т. 83. – Вып. 2. – С. 129–137.

ФОРМОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ СЕМЕННЫХ ЧЕШУЙ ЕЛИ В ПРЕДЕЛАХ ЕВРОАЗИАТСКОГО АРЕАЛА РОДА *PICEA*

Н.В. ЖИВАЙКИНА, асп. каф. лесных культур МГУЛ

Вопрос формового разнообразия у видов рода *Picea* имеет почти двухсотлетнюю историю. Ему посвящено большое количество работ отечественных и зарубежных ботаников и лесоводов. Иногда определение форм и разновидностей ели носило чисто формальный, так сказать «метафизический» характер. В 1920 г. Хейкинхеймо и Саарнио [6], исследуя ельники Финляндии, отметил четыре основные разновидности ели, сменяющие друг друга в направлении с севера на юг: *var. obovata*, *var. fennica*, *var. europaea* и *var. acuminata*, а между ними – большое количество промежуточных форм: *obovatam*, *fennica vers europaeam*, *fennica europaea*, *europaea vers fennica*, *europaea vers acuminatam* и ряд других, названия которых являются простыми математическими комбинациями, скорее логическими, нежели естественными.

Главным морфологическим признаком, отличающим ель европейскую от ели сибирской, считают форму семенных чешуй [5]. И это не случайно, потому что изменчивость её в большей степени обусловлена генетическими причинами [7]. Ранее В.Н. Сукачев [4] отмечал, что этот признак существенно варьирует на протяжении ареала, постепенно видоизменяясь при переходе от одного вида к другому. П.Ф. Маевский и

Ю.В. Рычин в 1954 и 1950 гг. взглянули на эту проблему с иной точки зрения, опираясь на такие морфологические признаки, как строение шишек и форму семенных чешуй. Они в своих работах описывают три основные разновидности ели обыкновенной: «*var. europaea* *Tepl.* – наиболее обыкновенная у нас форма с крупными шишками, чешуями ромбическими, кверху суженными, вдавленными, на усечённом конце зубчатыми»; «*var. acuminata* *Beck.* – с очень удлинёнными и заострёнными на конце чешуями, встречается сравнительно нередко»; «*var. uwarowii* *Kauffm.* – шишки средней величины с чешуями округлыми на конце – форма промежуточная по признакам между европейской елью *P. Abies* *Karst.* и сибирской елью *P. obovata* *Ldb.*» [1].

В своей работе мы рассматривали не только в целом основополагающие виды – ель европейскую и ель сибирскую вместе с их гибридом елью финской (*Picea x fennica* (*Regel*) *Kom.*), но и ель сербскую (*Picea omorica* (*Panc.*) *Purk.*), ель восточную (*Picea orientalis* *Link.*), ель аянскую (*Picea ajanensis* *Lindl. et Gord.*) и ель Глена (*Picea glehnii*).

Исследования проводились на образцах шишек из популяций естественного происхождения, полученных из 12 стран

дальнего и ближнего зарубежья, 7 республик и 24 регионов Российской Федерации и (в общей сложности 110 образцов). В этом нам помог визуально-описательный подход изучения изменчивости главного диагностического признака ели – форма семенных чешуй. Этот же морфологический признак ещё в 1975 году позволил Л.Ф. Правдину ориентировочно обозначить восточную границу распространения ели европейской от юго-восточной части Финского залива к месту несколько западнее Москвы и далее до южной границы ареала; западную для ели сибирской – от Чешской губы вдоль Тиманского края и далее по Предуралью. Обширная территория между этими границами является областью распространения ели финской.

Нами был применён методический приём П.П. Попова [3] оценки формы семенных чешуй с учетом особенностей их строения у елей европейской и сибирской и возможно большим устранением погрешностей определения тех или иных параметров. Так, руководствуясь методикой П.П. Попова [3] было взято в среднем с каждого образца по 150 замеров. При этом с каждой чешуи снимались 3 необходимые нам величины: наибольшая ширина чешуи (d_{max}), расстояние от верхнего края чешуи до наибольшей её ширины (h) и ширина чешуи на расстоянии 1 мм от верхнего края (d'). С каждого исследованного образца выполнили 150 замеров. В результате с общего количества образцов, равного 110, для изучения было снято 12345 замеров.

Проверка различных подходов в оценке признака показала, что наиболее

простыми для измерения и весьма информативными для анализа оказываются относительные показатели сужения верхней или наружной части чешуи (C_n – *coefficient of narrowing*) и вытянутости ее или выступ (C_p – *coefficient of projection*). Схема измерения чешуй показана на рис. 1.

$$\tilde{N}_n = \frac{d' \cdot 100}{d_{max}}, \quad \tilde{N}_p = \frac{h \cdot 100}{d_{max}}, \quad C_f = \frac{d'}{h},$$

- где C_n – коэффициент сужения;
 C_p – коэффициент вытянутости;
 C_f – коэффициент формы;
 d' – величина измеряющаяся на расстоянии $0,1 d_{max}$;
 h – расстояние от самой выступающей части чешуйки до d_{max} ;
 d_{max} – расстояние самой широкой части чешуйки.

Показатели сужения и вытянутости связаны между собой отрицательной корреляцией среднего уровня, поэтому вычислялось их отношение как коэффициент формы чешуй ($C_f = C_n/C_p$).

Для более или менее объективной оценки формы чешуй нами был взят наиболее максимальный объём исходного материала, что позволяет выявить широкий диапазон и характер изменчивости признака. И проведённый нами поиск и использование объективных критериев оценки формы семенных чешуй в популяциях ели является необходимым условием для получения научных данных о внутри- и межвидовой дифференциации. Образцы были сгруппированы по географическому месторасположению, на основании чего получены статистические данные, которые приведены в табл. 1.

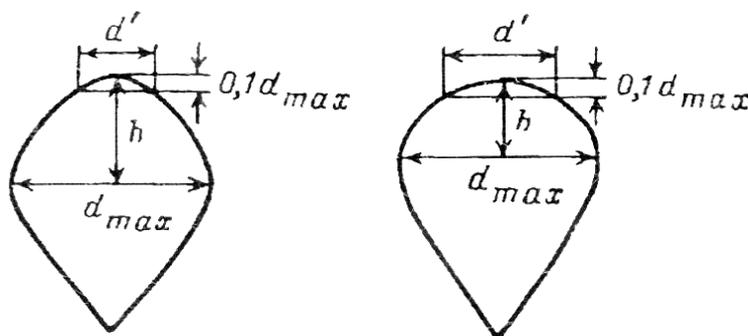


Рис. 1 Схема измерения проекции семенных чешуй ели разной формы

**Изменчивость показателей формы семенных чешуй рода *Picea*
в пределах естественного евроазиатского ареала**

Место сбора шишек по группам образцов	Коэффициент сужения чешуй, $C_p, \%$		Коэффициент вытянутости чешуй, $C_p, \%$		Коэффициент Формы чешуй, C_f	
	$M \pm m, \text{мм}$	$V, \%$	$M \pm m, \text{мм}$	$V, \%$	$M \pm m, \text{мм}$	$V, \%$
Ель сербская (<i>Picea omorica</i> (Panc.) Purk.)						
Югославия	40,45 ± 0,35	1,21	47,90 ± 1,30	3,84	0,850 ± 0,049	8,24
Ель европейская (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.)						
Западные Карпаты	27,06 ± 1,51	11,50	62,81 ± 2,54	8,28	0,369 ± 0,033	17,22
Восточные Карпаты	24,52 ± 1,02	7,16	75,57 ± 2,68	7,22	0,344 ± 0,071	6,50
Венгрия	34,88 ± 0,90	8,20	57,70 ± 2,10	11,50	0,620 ± 0,032	16,10
Литва	24,59 ± 1,02	9,10	69,95 ± 1,27	4,3	0,351 ± 0,017	9,43
Латвия	28,52 ± 0,99	7,65	63,26 ± 3,19	9,25	0,480 ± 0,034	14,90
Западная Белоруссия	22,00 ± 0,75	7,75	74,90 ± 1,89	5,47	0,310 ± 0,013	9,29
Беларусь	24,44 ± 0,52	5,58	72,58 ± 2,33	7,33	0,350 ± 0,013	10,20
Смоленская обл.	28,84 ± 1,01	9,05	65,03 ± 1,25	5,05	0,424 ± 0,017	9,20
Тверская обл.	28,60 ± 0,40	3,74	57,33 ± 0,63	2,81	0,513 ± 0,022	4,75
Западная часть Московской обл.	23,78 ± 1,05	10,78	57,55 ± 2,10	8,59	0,418 ± 0,025	14,60
Центральная часть Московской обл.	32,44 ± 0,80	6,72	69,78 ± 1,13	4,31	0,471 ± 0,019	9,99
Северо-восточная часть Московской обл.	25,97 ± 0,21	1,43	67,37 ± 1,69	8,35	0,40 ± 0,012	3,13
Северная часть Московской обл.	25,15 ± 0,70	6,25	57,39 ± 1,03	3,15	0,437 ± 0,024	10,10
Новгородская обл.	19,80 ± 0,20	2,3	59,96 ± 0,13	0,50	0,308 ± 0,004	3,20
Тульская обл.	18,44 ± 2,11	25,60	62,48 ± 1,22	4,40	0,296 ± 0,041	30,00
Рязанская обл.	27,84 ± 0,09	0,79	59,08 ± 0,08	0,30	0,480 ± 0,004	2,10
Среднее арифметическое (M)	26,05 ± 0,83	7,73	64,55 ± 1,58	5,68	0,411 ± 0,024	10,67
Ель восточная (<i>Picea orientalis</i> Link.)						
Кавказ	34,02 ± 1,46	9,60	47,60 ± 1,75	8,20	0,730 ± 0,050	13,70
Ель финская (<i>Picea fennica</i> Regel.)						
Ленинградская обл.	24,52 ± 1,90	17,30	60,50 ± 1,65	6,10	0,410 ± 0,020	12,20
Ярославская обл.	33,12 ± 1,95	13,20	46,72 ± 1,23	5,90	0,724 ± 0,054	16,70
Ивановская обл.	27,04 ± 1,46	11,85	62,77 ± 4,42	14,00	0,444 ± 0,048	21,95
Чувашия	37,13 ± 1,18	5,50	47,47 ± 2,91	10,60	0,793 ± 0,030	6,30
Татарстан	35,80 ± 5,03	24,40	49,03 ± 1,18	4,20	0,737 ± 0,090	20,40
Вологодская обл.	27,30 ± 1,58	13,53	56,69 ± 2,52	10,20	0,490 ± 0,033	15,47
Карелия	33,30 ± 1,07	7,50	72,32 ± 1,23	4,55	0,472 ± 0,013	5,90
Свердловская обл.	25,92 ± 1,59	13,70	66,00 ± 2,49	8,40	0,392 ± 0,022	12,80
Костромская обл.	24,74 ± 1,40	1,23	52,91 ± 2,68	11,25	0,482 ± 0,036	14,90
Юг Архангельской области	37,97 ± 1,16	8,58	55,40 ± 1,89	8,55	0,679 ± 0,040	15,40
Кировская обл.	28,96 ± 1,55	10,70	51,48 ± 2,34	7,05	0,621 ± 0,019	6,10
Среднее арифметическое (M)	30,53 ± 1,81	11,59	56,48 ± 2,23	8,26	0,568 ± 0,037	13,47
Ель сибирская (<i>Picea obovata</i> Ledeb.)						
Архангельская обл., Пинега	32,26 ± 0,12	1,70	62,56 ± 0,14	0,65	0,682 ± 0,009	2,95
Пермская обл.	44,15 ± 0,05	0,20	53,40 ± 0,10	0,30	0,850 ± 0,01	1,20
Южный Урал	25,94 ± 0,73	4,27	63,05 ± 1,25	2,57	0,427 ± 0,008	3,93
Мурманская обл.	41,08 ± 1,40	9,83	52,67 ± 1,52	7,40	0,849 ± 0,086	14,10
Коми	31,26 ± 0,70	4,64	53,14 ± 0,93	4,26	0,619 ± 0,022	6,70
Западная Сибирь	34,79 ± 1,65	7,15	48,80 ± 2,43	8,50	0,759 ± 0,023	5,50
Якутия	45,44 ± 2,08	10,55	50,78 ± 2,35	10,40	0,902 ± 0,032	7,95
Среднее арифметическое (M)	36,42 ± 0,96	5,48	54,91 ± 1,25	4,87	0,727 ± 0,027	6,05
Ель аянская (<i>Picea ajanensis</i> Lindl. et Gord.)						
Амурская обл.	45,46 ± 2,69	13,20	72,74 ± 2,82	8,70	0,620 ± 0,020	6,40
Ель Глена (<i>Picea glehnii</i>)						
Курильские о-ва	30,95 ± 0,64	5,10	49,97 ± 2,22	10,90	0,638 ± 0,024	9,40

При исследовании групп популяций по коэффициентам, был выявлен один лидер (ель аянская), имеющий максимальные значения по коэффициентам сужения ($C_n = 45,46 \pm 2,69$ мм), а явный аутсайдер – ель европейская, имеющая наименьшие значения коэффициентов сужения ($C_n = 26,05 \pm 0,83$ мм) и формы ($C_f = 0,411 \pm 0,024$). Максимальный же коэффициент формы был зафиксирован у ели сербской ($C_f = 0,850 \pm 0,049$) и ели сибирской из Якутии ($C_f = 0,902 \pm 0,032$). Самый незначительный коэффициент вытянутости наблюдался у ели восточной ($C_p = 47,60 \pm 1,75$ мм).

При более детальном рассмотрении (табл. 1) трёх основополагающих групп ели (европейской, сибирской и финской) по изменчивости показателей формы семенных чешуй в первой группе коэффициент сужения неуклонно растёт от центра Восточно-Европейской равнины (Центральная часть Московской обл. – $32,44 \pm 0,80$ мм) в юго-западном (Венгрия – $34,88 \pm 0,90$ мм) и западном направлении (Смоленская обл. – $28,84 \pm 1,01$ мм, Латвия – $28,52 \pm 0,99$ мм), а к северу и югу относительно центра исследуемый коэффициент падает (Новгородская обл. – $19,80 \pm 0,20$ мм и Тульская обл. – $18,44 \pm 2,11$ мм). В южном направлении показатель падает наиболее резко. Коэффициент вытянутости (C_p) имеет самое максимальное значение на западе евроазиатского ареала (Восточные Карпаты – $75,57 \pm 2,68$ мм, Западная Беларусь – $74,90 \pm 1,89$ ÷ $72,58 \pm 2,33$ мм) а минимум – в Тверской области ($57,33 \pm 0,66$ мм) и на севере и западе Московской области ($57,39 \pm 1,03$ ÷ $57,55 \pm 2,0$ мм).

Вторая группа характеризуется высоким C_n , полностью охватывающим Северный Урал, север евроазиатского ареала и Центральную Сибирь (Пермская обл. – $44,15 \pm 0,05$ мм; Мурманская обл. – $41,08 \pm 1,40$ мм; Республика Якутия – $45,44 \pm 2,08$ мм). Соответственно более низкими значениями данного коэффициента обладают популяции, расположенные на севере и востоке европейской части страны и на юге Уральских гор (Республика Коми – $31,26 \pm 0,70$ мм, Ар-

хангельская обл. – $32,26 \pm 0,12$ мм и Южный Урал – $25,94 \pm 0,73$ мм). Максимальные значения коэффициента C_p распределились следующим образом: север Европейской части страны, северная и южная часть Урала (Архангельская обл. – $62,56 \pm 0,14$ мм, Пермская обл. – $53,40 \pm 0,10$ мм и Южный Урал – $63,05 \pm 1,25$ мм), а самые низкие значения находятся на Кольском полуострове и Сибири (Мурманская обл. – $52,67 \pm 1,52$ мм, Якутия – $50,78 \pm 2,35$ мм и Западная Сибирь – $48,80 \pm 2,43$ мм).

В третьей группе максимум C_n наблюдался у популяций, расположенных на территории среднего Поволжья и северной части Восточно-Европейской равнины (Республика Татарстан – $35,80 \pm 5,03$ мм и Чувашия – $37,13 \pm 1,18$ мм, юг Архангельской обл. – $37,97 \pm 1,16$ мм), а минимум находится в районе Северных Увалов и северо-запада Восточно-Европейской равнины (Костромская обл. – $24,74 \pm 1,40$ мм, Ленинградская обл. – $24,52 \pm 1,90$ мм). Наивысшее значение коэффициента C_p находится на крайнем северо-западе Восточно-Европейской равнины, а также на Среднем Урале (Карелия – $72,32 \pm 1,23$ мм, Екатеринбургская обл. – $66,00 \pm 2,49$ мм); самый же незначительный по величине показатель C_p наблюдается в центре Восточно-Европейской равнины и в Среднем Поволжье (Ярославская обл. – $46,72 \pm 1,23$ мм и Республика Чувашия – $47,47 \pm 2,91$ мм, Татарстан – $49,03 \pm 1,18$ мм). Таким образом, при сравнении показателей коэффициента сужения (C_n) у трех основных видов, отчетливо можно выделить пункты с высоким значением этого коэффициента. Для ели европейской в этом отношении характерна западная часть евроазиатского ареала (там у неё находится пиковое значение C_n), для ели финской такой максимум находится в северной части её ареала и, наконец, для ели сибирской наиболее высокое значение коэффициента наблюдается в самой северо-восточной точке обширного евроазиатского ареала. Также при сравнении коэффициентов между собой, значение C_n у ели сибирской превышает значения ели европейской и

ели финской на 7...10 мм в общей сложности, что косвенно отражает качество роста у ели разных видов, так как, чем ниже показатель C_n , тем лучше рост ели в географических посадках. Поэтому из проанализированных данных видно, что ель европейская более удачна для целей восстановления, чем ель сибирская.

Отдельно рассмотрим коэффициент формы (C_f), так как он отражает характер как происхождения групп образцов в целом, так и каждой провениенции в отдельности. Так, например, C_f стремительно возрастает на западе, юге и северо-востоке евроазиатского ареала рода *Picea*, и достигает своего максимума у ели сербской ($0,850 \pm 0,049$), ели восточной ($0,730 \pm 0,050$) и ели сибирской ($0,727 \pm 0,027$), а минимальное значение коэффициента находится в центре ареала ели европейской ($0,411 \pm 0,024$) и сохраняется в пределах минимума даже в северной части ареала, хотя видно, что C_f медленно растёт у ели финской ($0,568 \pm 0,037$).

Коэффициент C_f по трём основным группам распределился следующим образом: у ели европейской C_f имеет максимум в Тверской обл. ($0,513 \pm 0,022$) и Венгрии ($0,620 \pm 0,032$), но ощутимо падает к северу и к югу от Центра (Новгородская обл. – $0,308 \pm 0,004$, Тульская обл. – $0,296 \pm 0,041$); у ели финской максимальное значение C_f зафиксировано в районе среднего Поволжья (Татарстан – $0,737$

$\pm 0,090$ и Чувашия – $0,793 \pm 0,030$), а минимальное – на среднем Урале и северо-западе Восточно-Европейской равнины (Екатеринбургская обл. – $0,392 \pm 0,022$ и Ленинградская обл. – $0,410 \pm 0,020$); у ели сибирской коэффициент C_f неизменно высок на территории Северного Урала и северо-востока евроазиатского ареала (Пермская обл. – $0,850 \pm 0,010$ и Республика Якутия – $0,902 \pm 0,027$), и имеет самый низкий показатель на севере евроазиатского ареала и в южной части Урала (Республика Коми – $0,619 \pm 0,022$ и Южный Урал – $0,427 \pm 0,008$).

Рассматривая изменчивость коэффициента вариации (V , %) показателя C_n различных видов ели (рис. 2), можно увидеть, что V по М.Л. Дворецкому (1971) имеет следующий характер изменчивости признака (C_n): до 5 % слабую изменчивость имеет ель сербская и ель Глена; от 6 до 10 % – ель европейская, ель восточная и ель сибирская; от 11 до 20 % значительную изменчивость имеют ель аянская и ель финская. Максимальное значение V наблюдается у ели аянской (13,20 %) из Амурской области и у ели финской (11,59 %). Это, по-видимому, объясняется интенсивным ходом интрогрессивной гибридизации, т.к. в первом случае перекрещивается ареал ели сибирской и ели корейской, а во втором – ель финская произрастает в местах перекрытия ареалов ели европейской и ели сибирской.

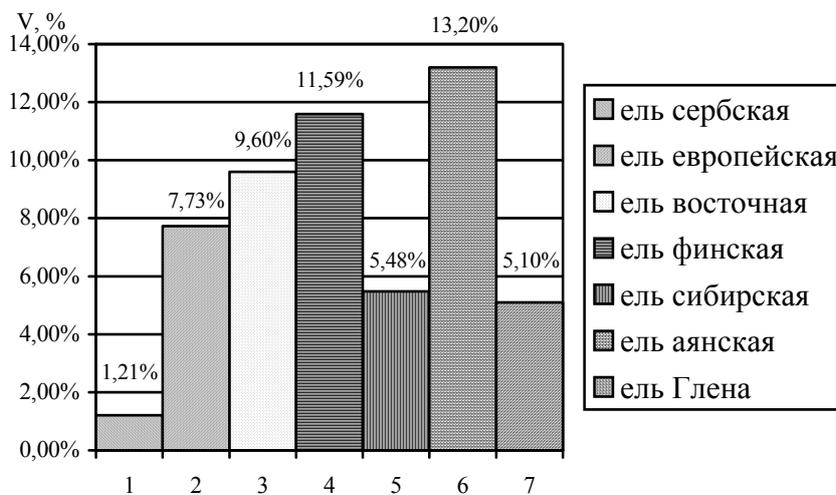


Рис. 2. Изменчивость коэффициента вариации (V , %) показателя C_n у различных видов ели

Ель же сербская из Югославии произрастает в изолированном ареале, представляющем собой рефугиум, благодаря чему коэффициент вариации показателя C_n имеет минимальное значение – 1,20 %.

Однако в целом средние значения в пределах каждого из коэффициентов (C_n , C_p , C_f) в близких точках сбора незначительно отличаются друг от друга, т. е. их изменение по всему евроазиатскому ареалу происходит относительно постепенно.

В заключении следует отметить, что географическая изменчивость показателей C_n , C_p и C_f может служить чётким признаком в целях ранней диагностики использования семенного материала для создания быстрорастущих культур ели.

Библиографический список

1. Голубец М.А. Два подвида *Picea excelsa* Link и вопрос об их ареалах // Бот. журн. 1960. – Т. 45. – №5. – С. 684–694.
2. Дворецкий М.Л. Пособие по вариационной статистике. – М.: Лесная промышленность. 1971. – 104 с.
3. Попов П.П. Гибридная ель на северо-востоке Европы // Лесоведение. 1996. – № 2. – С. 62–71.
4. Сукачев В.Н. Дендрология с основами лесной геоботаники. – Л.: Гослестехиздат, 1938. – 483 с.
5. Правдин Л.Ф. Ель европейская и ель сибирская в СССР. – М.: Наука, 1975. – 176 с.
6. Heikinheimo O., Saarnio R. Ruotsinkylän retkeilykohteiden selostukset. Metsäntutkimuslaitoksen kokeilualueita 2, Ruotsinkylä. 1972. – 77 p.
7. Khalil M.A.K. Genetics of cone morphology in white spruce (*Picea glauca*) // Canad. J. Bot. 1974. – V.52. – №1. P. 15–21.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТРОДУКЦИИ ЛИСТВЕННИЦЫ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЕ ПОДМОСКОВЬЕ

П.Г. МЕЛЬНИК, докт. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛ, канд. с.-х. наук,
Н.Н. КАРАСЁВ, асп. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛ

Лиственница в Московской области является интродуцентом. Первые посадки были выполнены К.Ф. Тюрмером в Порецком лесничестве в 1856 году, из семян лиственницы европейской судетского происхождения. Позже была испытана лиственница Сукачёва в Лесной опытной даче Петровской земледельческой и лесной академии (ныне Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева), в 1875 г. проф. В.Т. Собичевским из семян Онежского и Шенкурского лесничеств Архангельской губернии [4].

На территории Щёлковского учебно-опытного лесхоза Московского государственного университета леса (МГУЛ), культуры лиственницы европейской впервые были заложены в знаменитой Никольской лесной даче в 1870 году. Лесорастительные условия представляют собой простые субори (B_2). В основном закладывались смешанные лиственнично-сосново-еловые культуры, как методом посадки, так и посева, причём следует отметить, что нигде больше в средней полосе

России нет посевных лесных культур этой ценной хвойной породы. С первых лет жизни посевных лесных культур явное преимущество было за сосной. Об этом свидетельствует тот факт, что при лесоустройстве 1884 г. данные искусственные насаждения были протаскированы как сосново-еловые культуры. Только благодаря энергичным рубкам ухода по снижению доли сосны удалось в первой четверти XX в. дать лиственнице благоприятные условия для её роста [6].

По результатам исследований выполненных в 2000 году (табл. 1), в возрасте 128–130 лет лиственница формирует насаждения с запасом 551–1308 м³/га ствольной древесины. Во всех исследованных насаждениях лиственницы, отмечено формирование второго яруса елью естественного происхождения, на момент исследований его продуктивность на пяти пробных площадях составляла от 32 до 86 м³/га, на двух объектах процесс его формирования находится в начальной стадии. Опыты заложенные в Никольской лесной даче свидетельствуют, что в

данных лесорастительных условиях нецелесообразно создавать лиственнично-сосновые культуры, так как на первоначальных этапах развития древостоя идет острая конкуренция между светлюбивыми лиственницей и сосной, а ель как порода теневыносливая может самостоятельно формировать второй ярус естественным путём. В подавляющем в большинстве случаев, на опытных объектах лиственница достигает

высокой производительности 1000 м³/га и более и обладает высокой устойчивостью.

Прекрасным примером устойчивости лиственницы к рекреационной нагрузке могут служить опытные объекты заложенные в 2001–2003 гг. в спелых насаждениях лиственницы Сукачёва и европейской в Измайловском лесопарке г. Москвы. Лесорастительные условия представляют собой свежие сложные субори (С₂).

Т а б л и ц а 1

Таксационные показатели насаждений лиственницы (*Larix decidua* Mill.) в Никольской лесной даче

№ п/п возраст, лет	Состав	Ярус	Средние		Класс бонитета	G, м ² /га	N, шт/га	Полнота	M, м ³ /га
			H, м	D, см					
<u>пп У-3</u> 130	85Л	1	34,3	60,7	Ia	42,21	142	0,81	631
	12С		28,5	37,8	II	6,61	58	0,16	92
	3Е	1	28,2	38,3	II	1,54	13	0,03	21
						50,36	213	1,0	744
	100Е	2	17,4	18,0		6,21	261	0,17	56
					56,57	474	1,17	800	
<u>пп В-13</u> 130	83Л	1	34,5	59,8	Ia	25,42	88	0,49	384
	17С	1	30,1	41,2	I	5,43	40	0,12	81
						30,85	128	0,61	465
	100Е	2	15,8	19,1	II	8,91	264	0,27	86
						39,76	392	0,88	551
<u>пп В-14</u> 128	71Л	1	33,8	47,0	I	56,22	291	1,08	829
	29С	1	33,2	49,4	I	20,85	103	0,39	340
						77,07	394	1,47	1169
	100Е	2	10,9	10,9	II	4,86	463	0,17	33
						81,93	857	1,64	1202
<u>пп В-2</u> 130	97Л	1	32,2	43,3	I	70,41	384	1,49	1036
	2С	1	31,6	35,2	I	1,76	17	0,04	27
	1Е	1	14,0	16,6	II	0,80	42	0,02	7
						72,97	443	1,55	1070
						65,81	526	1,39	951
<u>пп 1</u> 129	96Л	1	31,9	37,4	I	1,89	13	0,04	29
	3С	1	30,6	42,7	I	1,29	188	0,05	15
	1Е	1	9,8	10,6	II	68,99	727	1,48	995
						65,57	459	1,38	952
						5,38	42	0,11	82
<u>пп 46</u> 129	88Л	1	31,1	39,9	I	3,29	35	0,07	43
	8С	1	31,7	40,4	I	74,24	536	1,56	1077
	4Е	1	27,6	34,6	II	4,07	172	0,11	39
						78,31	708	1,67	1116
						75,3	544	1,45	1241
<u>пп МП-1</u> 129	97Л	1	34,5	41	Ia	2,06	20	0,04	35
	3С	1	35,0	36,1	Ia	77,36	564	1,49	1276
	100Е	2	11,0	11,0	II	4,52	420	0,16	32
						81,88	984	1,65	1308

Таксационные показатели лиственницы в Измайловском лесопарке

№ п/п возраст, лет	Состав	Ярус	Средние		Класс бонитета	G, м ² /га	N, шт/га	Полнота	M, м ³ /га
			Н, м	Д, см					
пп МК-2 138 (<i>Larix Sukaczewi</i> Dylis)	100Л	1	34,1	59,6	I	39,17	134	0,83	598
	54Кл	2	17,0	15,3		6,09	295	0,24	63
	38Б	2	22,8	21,9		4,28	101	0,15	44
	8Лп	2	15,8	14,8		1,0	52	0,04	9
						11,37	448	0,43	116
					50,54	582	1,26	714	
пп МП-2 116 (<i>Larix decidua</i> Mill.)	100Л	1	34,8	46,9	Ia	61,7	338	1,19	941
	65Лп	2	15,3	16,5		3,18	117	0,13	31
	29Кл	2	15,6	16,3		1,67	78	0,07	14
	4Б	2	23,9	34,1		0,19	2	0,01	2
	2Д	2	12,6	13,5		0,14	8	0,01	1
						5,18	205	0,22	48
					66,88	543	1,41	989	

На момент исследований они представляли собой высокополнотные насаждения, растущие по I–Ia классу бонитета, с запасом стволовой древесины 714–989 м³/га (табл. 2). Второй ярус естественного происхождения, но в отличие от Никольской лесной дачи он сформирован кленом, липой и берёзой, дуб участвует единично. Основной причиной отсутствия ели в формировании второго яруса, является сильная рекреационная нагрузка на насаждения Измайловского парка, а также отсутствие естественных источников обсеменения.

Несмотря на прекрасные результаты роста лиственницы в условиях Подмосковья и г. Москвы, имеются неудачные случаи интродукции лиственницы в Подмосковье. В 50-е годы при восстановлении лесосек военного времени в Солнечногорском опытном лесхозе использовались семена происхождения из Хакасии. В результате использования инорайонных семян, происходит снижение интенсивности прироста насаждений после 30 лет, и выпадение лиственницы из состава насаждений при наличии её в составе до 5 единиц, где она заглушается елью и выпадает [6].

С целью определения перспективных для интродукции видов лиственницы, а также возможных расстояний переброски семенного и посадочного материала, начиная с

середины 50-х годов XX века в Подмосковье, был заложен ряд опытных объектов географических культур. В Щёлковском учебно-опытном лесхозе опыты с географическими культурами имеют почти 50-летнюю историю, в общей сложности в посевах и посадках были испытаны 6 видов (21 климатип) лиственницы; географический спектр охватывает ареал произрастания рода *Larix* от Западной Европы на западе до Камчатки на востоке. К настоящему времени географические культуры лиственницы расположены на трёх опытных участках (табл. 3), достаточно однородных по рельефу и почвенно-грунтовым условиям. Почвы дерново-среднеподзолистые, среднесуглинистые на моренном суглинке. Тип лесорастительных условий влажные сложные субори (С₃). Различия между опытными участками имеются лишь в размещении посадочных мест, в Свердловском лесничестве:

– на участке 10, размещение посадочных мест 1,5 × 0,75 м; густота посадки 8,9 тыс. шт./га;

– на участке 30, размещение посадочных мест 1,0 × 1,0 м; густота посадки 10 тыс. шт./га;

– на участке в Воря-Богородском лесничестве, размещение посадочных мест 2,0 × 0,75 м; густота посадки 6,7 тыс. шт./га.

**Успешность роста климатипов лиственницы в географических культурах
Щёлковского учебно-опытного лесхоза МГУЛ**

Географическое происхождение	Н, м	Д, см	Класс бонитета	Н, шт/га	М, м ³ /га
Свердловское лесничество, участок 10 (посадка 1957 г.)					
Лиственница Сукачёва (<i>Larix Sukaczewi</i> Dylis)					
Свердловская обл., Синячинский лесхоз	18,0	15,8	I	1438	276
Лиственница сибирская (<i>Larix sibirica</i> Ledeb.)					
Красноярский край, Сонский лесхоз	18,1	15,8	I	1946	348
Красноярский край, Ширинский лесхоз	19,5	18,7	I	1091	303
Хакасия, Бийский лесхоз	17,6	16,0	I	1154	212
Среднее:	18,4	16,8	I	1397	288
Свердловское лесничество, участок 30 (посадка 1964 г.)					
Лиственница Сукачёва (<i>Larix Sukaczewi</i> Dylis)					
Ивановская область	22,0	30,0	Ia	571	404
Свердловская область	20,8	18,9	Ia	1020	305
Среднее:	21,4	24,5	Ia	796	355
Лиственница сибирская (<i>Larix sibirica</i> Ledeb.)					
Красноярский край	18,3	17,4	Ia	893	186
Хакасия	18,5	22,1	Ia	571	204
Иркутская область	18,0	18,0	Ia	1428	309
Среднее:	18,3	19,2	Ia	964	233
Лиственница Гмелина (даурская) (<i>Larix gmelinii</i> Rupr.)					
Бурятия	19,8	24,9	Ia	595	271
Читинская область	17,9	20,2	Ia	536	143
Хабаровский край	18,6	20,3	Ia	357	121
Среднее:	18,8	21,8	Ia	496	178
Лиственница охотская (<i>Larix ochotensis</i> Kolesn.)					
Сахалинская область	21,4	30,3	Ia	268	189
Воря-Богородское лесничество (посадка 1960 г.)					
Лиственница европейская (<i>Larix decidua</i> Mill.)					
Чехословакия, лесничество Бонумиль	21,6	20,1	Ia	1881	707
Лиственница сибирская (<i>Larix sibirica</i> Ledeb.)					
Красноярский край, Сонский лесхоз	20,0	18,4	Ia	698	231

Следует отметить, что на объекте в Воря-Богородском лесничестве первоначально был заложен также климатип лиственницы ольгинской (*Larix olgensis* A. Henry) происхождением из Китая. Несмотря на преимущества по росту перед лиственницей сибирской, лиственница ольгинская практи-

чески выпала из состава насаждения после засухи 1972 года, в то время как у европейской были отмечены лишь отдельные засохшие экземпляры.

К 47-летнему возрасту на участке 10 лучшей по таксационным показателям была лиственница, происхождением из Краснояр-

ского края и Свердловской области (табл. 3). Значительно отставала в росте по высоте и диаметру, а также и запасу стволовой древесины лиственница хакасская. Следует отметить, что по данным биометрических измерений, выполненным в 13-летнем возрасте А.И. Александровым [1], наблюдалась аналогичная тенденция.

В опыте, заложенном в 1964 году, на момент исследований лидировала лиственница Сукачева из Ивановской области, которая росла по Ia классу бонитета и имела запас 404 м³/га. Далее по продуктивности, со значительным отставанием, следовали климатипы из Свердловской и Иркутской областей, однако они имели лучшую сохранность чем ивановская лиственница. Худшими по запасу стволовой древесины были климатипы лиственницы Гмелина из Читинской области и Хабаровского края, продуктивность которых в 2–3 раза ниже, чем у лучших климатипов лиственниц Сукачева и сибирской. Обращает на себя внимание лиственница Гмелина из Бурятии, очевидно, хорошие показатели роста и продуктивности можно объяснить происхождением семян из области интрогрессивной гибридизации по Е.Г. Боброву [2]. Лиственница охотская не имела особых преимуществ по исследуемым показателям среди испытываемых происхождений и занимала промежуточное положение.

На объекте заложенном в Воря-Богородском лесничестве явным преимуществом по росту характеризовалась лиственница европейская, при хорошей сохранности, запас стволовой древесины составлял самую максимальную величину из всех испытанных климатипов – 707 м³/га.

Выводы

Подводя общие итоги, следует отметить, что лучшие результаты в испытательных посадках дает лиственница европейская, Сукачёва и сибирская. Лиственница Гмелина

и охотская менее предпочтительны в культурах, заслуживают внимания лишь провениенции из области интрогрессивной гибридизации. Нецелесообразно выращивать в Подмоскovie лиственницу ольгинскую, несмотря на хороший рост в молодом возрасте, по сравнению с лиственницей сибирской, она оказалась неустойчивой к засухе. Опыт выращивания культур лиственницы в Щёлковском учебно-опытном лесхозе МГУЛ показал, что возможен поиск продуктивных популяций в ареале произрастания лиственницы Сукачёва и сибирской.

Таким образом, необходима корректировка «Лесосеменного районирования основных лесообразующих пород СССР» [3], основанного, главным образом на использовании семян с близлежащих к Московской области регионов как с естественного, так и искусственного ареалов произрастания лиственницы, без учёта видовой принадлежности и происхождения интродуцированных провениенций.

Библиографический список

1. Александров А.И. Динамика роста географических культур в Щёлковском учебно-опытном лесхозе МЛТИ // Повышение продуктивности лесов и улучшение ведения лесного хозяйства: Рефер. докл. НТК. – М.: МЛТИ, 1971. – С. 101–104.
2. Бобров Е.Г. Лесообразующие хвойные в СССР. – Л.: Наука, 1978. – 189 с.
3. Лесосеменное районирование основных лесообразующих пород в СССР. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 368 с.
4. Мельник П.Г. Лиственница в географических культурах Щёлковского лесхоза Московской области // Лиственничные леса Архангельской области, их использование и воспроизводство: Материалы регионального рабочего совещания. – Архангельск, 2002. – С. 86–88.
5. Мерзленко М.Д., Мельник П.Г. Лесоводственная экскурсия в Никольскую лесную дачу. – М.: «Терция» и К⁰, 2000. – 43 с.
6. Мерзленко М.Д., Мельник П.Г. Лесоводственная экскурсия в леса Клинско-Дмитровской гряды. – М.: «Терция» и К⁰, 2002. – 93 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПТИМАЛЬНОГО ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ

З.Н. НАХАЕВ, ВГЛТА, канд. техн. наук

Лесной комплекс России по обеспечению лесами занимает примерно четвертое место по запасам древесины. Масштабы хозяйственного вовлечения лесных ресурсов постоянно увеличиваются, что ускоряет процесс эволюции биосферы.

Становится все более очевидным, что между ресурсными возможностями её и хозяйственной деятельностью общества существует некая «запретная черта», переступить которую нельзя ни при каких потребностях [1].

Удельный вес биологической массы лесов составляет около 90 % биомассы всей биосферы [2], поэтому они играют исключительно важную роль в жизнедеятельности человечества. К сожалению, до сих пор в лесопользовании преобладает трансформативная хозяйственная стратегия, разрушающая природные взаимосвязи. Она не обеспечивает возрастающее производство лесных ресурсов, максимальную сохранность биологических и защитных функций леса.

Только при строгом соблюдении принципа приоритетности социального (с позиции глобальной экологии) благополучия перед чисто экономическими могут быть исключены негативные явления, достигнута гармония человека и биосферы.

Теперь недостаточно говорить, что вырубленный лес надо восстанавливать. Необходимо более точный анализ природных трансформаций и связанных с ними изменений социально-экономического потенциала общества, научная концепция оптимального взаимодействия его и природы, что позволило бы совмещать экологические процессы, происходящие в обществе, с объективными возможностями биосферы [3], а также экономические интересы лесопользователей с объективной разрешающей возможностью биогеоценозов.

Экономический интерес природопользователей в общем сводится к максимизации затрат на его изъятие. Разрешающая

ресурсная возможность эксплуатируемых биогеоценозов (в каждом конкретном случае и есть та самая «запретная черта») ограничивается способностью природной системы восполнять потери.

Вероятно, верхним пределом ресурсной возможности является такой уровень «напряжения» природной системы (под общественным воздействием), после которого она способна сомовосстанавливаться в прежнее, доэксплуатируемое состояние. Только при идеальном варианте оптимальной стратегии лесопользования общая продуктивность биогеоценозов остается неизменной, либо возрастает.

При построении эколого-экономической модели оптимального лесопользования за основу взята формула

$$ЧЭ = ВЭ - ОИД, \quad (1)$$

где ЧЭ – чистый (эколого-экономический) эффект лесопользования;

ВЭ – валовой эффект (сумма товарной продукции и услуг) от эксплуатации лесных природных ресурсов;

ОИД – общественные издержки на добывание ресурсов, т.е. затраты, которые несет общество при эксплуатации природной системы.

В процессе природопользования взаимодействуют две системы – природная и экономическая. Посредством труда последняя «забирает» у первой часть ресурсов, в результате чего общество получает продукт, количество и качество которого зависит, кроме всего прочего, от уровня и культуры природопользования. При трансформативной стратегии природная система быстро изменяется, т. е. происходит как бы разрушение её. В дальнейшем изменения природной среды антропогенного происхождения оборачиваются для человечества дополнительными затратами на поддержание своего существования (на здравоохранение, восстановление природных ресурсов и пр.).

Таким образом, при трансформативной стратегии природопользования помимо собственных экономических затрат на добычу природных ресурсов общество вынуждено нести и другие расходы, компенсирующие вредные последствия природопользования. Значит, ОИД будет включать затраты собственно экономических ресурсов (ЗЭР) и природных (ЗПР). Введя эти выражения в формулу (1), получим

$$\text{ЧЭ} = \text{ВЭ} - (\text{ЗЭР} + \text{ЗПР}). \quad (2)$$

Определить ЗЭР нетрудно. Это затраты труда и средств производства для добычи природных ресурсов. Сложнее установить количество использованных природных ресурсов, поскольку методы агрегированной экономической оценки их пока не разработаны.

Отметим, что формула (2) справедлива только для идеальной (безущербной) хозяйственной деятельности, когда в природной системе не происходит глобальных количественных изменений. Действительно, чистый эффект одновременно является и экономическим эффектом природопользования (т. е. $\text{ВЭ} - \text{ЗЭО} = \text{ЧЭ}$), количество природных ресурсов остается в общем неизменным. Следовательно, только при идеальной стратегии природопользования применимо выражение, вытекающее из (2):

$$\text{ЗПР} = \text{ВЭ} - \text{ЗЭР} - \text{ЧЭ} = 0, \quad (3)$$

т. е. при безущербном природопользовании количество используемых природных ресурсов может быть определено константой, равной нулю. [4]

При ущербной трансформативной стратегии использования ресурсов природная система не в состоянии восстановить изъятый ресурс и в ней наряду с качественными происходят количественные изменения. В частности, первоначальное количество природных ресурсов (константа) уменьшается на величину изъятого и невозстановленного. Будем считать это ущербом природной системе (У). Тогда количество использованных природных ресурсов достаточно точно может быть оценено его величиной. В результате трансформативного природопользования экономический эффект

всегда превышает чистый на величину ущерба и чем больше выбывшее количество ресурса, тем больше ущерб. Отсюда можно заключить, что:

- количественные оценки использованных природных ресурсов и экономического ущерба при трансформативной стратегии природопользования совпадают;

- в целях уменьшения трансформации природной системы величину ущерба необходимо постоянно минимизировать.

С учетом изложенного формула чистого эффекта лесопользования при трансформативной стратегии природопользования примет вид:

$$\text{ЧЭ} = \text{ВЭ} - \text{ЗЭР} - \text{У}. \quad (4)$$

Вполне понятно, что наше общество сейчас уже не придерживается полностью трансформативной стратегии природопользования, но оно еще не готово к абсолютному принятию идеальной или малоущербной стратегии. Поэтому до сих пор не изжиты различные негативные отношения к природным ресурсам и порой возникают противоречия между экономическими интересами ресурсопользователей разрешающей возможностью природной системы. Однако всегда надо помнить, что в обществе они уже не носят антагонистический характер.

Одно из направлений, позволяющих целеустремленно сокращать уровень трансформации природной системы, – разработка и реализация оптимизационных моделей природопользования, в основу которых положен критерий максимума чистого эффекта.

При составлении модели вначале следует найти оптимальный режим лесопользования, при котором достигается максимум чистого эффекта лесопользования. Согласно формуле (4) он равен

$$\sum_{\epsilon=1}^l \sum_{\tau=1}^n X_{\epsilon\tau} (\text{ВЭ}_{\epsilon\tau}^i - \text{ЭР}_{\epsilon\tau}^i - \text{У}_{\epsilon\tau}^i) \longrightarrow \text{мах}. \quad (5)$$

При решении задачи должны быть соблюдены следующие условия:

- общий объем валового продукционного эффекта должен быть больше фактической величины (\bar{D})

$$\sum_{r=1}^l \sum_{r=1}^n X_{KЧ} B \dot{Y}_{\dot{\epsilon}^r}^i \geq \tilde{D}, \quad (6)$$

ущерб от лесопользования – меньше фактической величины (\tilde{M})

$$\sum_{k=1}^l \sum_{r=1}^n X_{\dot{\epsilon}^r} Y_{\dot{\epsilon}^r}^i \leq \tilde{I}, \quad (7)$$

где K – вид товарной продукции лесопользования;

l – число видов продукции;

r – вид технологии лесопользования;

n – число видов технологий;

X – объем продукции в натуральном измерении;

$B \dot{Y}_{\dot{\epsilon}^r}^i$, $\dot{Y}_{\dot{\epsilon}^r}^i$, $Y_{\dot{\epsilon}^r}^i$ – удельная нормативная величина показателей валового продукционного эффекта, затрат экономических ресурсов, ущерба при r -ой технологии лесопользования.

В соответствии с расчетами, сделанными по формуле (4), ущерб природным ресурсам измеряется величиной среднеарифметических затрат на устройство негативных последствий лесопользования (уничтожение подроста, уменьшение кислородопродуктивности, сокращение площадей, покрытых лесом, захламленность лесосек, эрозия почвы и др.). Определялся также ущерб от

лесных пожаров и нерационального использования ресурсов охотничьих животных. Но многие другие последствия лесопользования еще не удается экономически оценить. И все-таки даже на основании полученных данных можно утверждать, что в случае безущербного лесопользования объем чистого эффекта может быть в 15 раз больше, чем сейчас.

Следует признать, что методы оценки ущербов, описанные выше, нуждаются в дальнейшем совершенствовании. Хозяйственные органы должны вести поиск оптимальных вариантов лесопользования с учетом множества экологических и экономических параметров.

Библиографический список

1. Моисеев Н. Система «Гея» и проблема «запретной черты» // Наука и жизнь. – 1986. – № 1. – С. 54–66; № 2. – С. 58.
2. Лесная энциклопедия. – Т. 1. – М., 1986. – С. 87–88.
3. Природа моделей и модели природы. – М., 1986. – 270 с.
4. Оптимизационное проектирование транспортных связей в предприятиях лесного комплекса: методологические основы / С.И. Сушков. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2003. – 200 с.

ВЛИЯНИЕ ЦИТОКИНИНОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО (*POPULUS BALSAMIFERA* L.) К ТОКСИЧЕСКОМУ ДЕЙСТВИЮ ИОНОВ СВИНЦА (ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ)

Т.Н. АРХИПОВА, научн. сотр. лаборатории физиологии растений Института биологии Уфимского научного центра РАН, канд. биол. наук,

А.А. КУЛАГИН, научн. сотр. лаборатории лесоведения Института биологии Уфимского научного центра РАН, канд. биол. наук

Одним из факторов проявления техногенного загрязнения окружающей среды является увеличение концентрации тяжелых металлов в воздухе и почве. Источниками загрязнения являются удобрения, выхлопные газы автомобилей, выбросы промышленных предприятий и т.д. Особую проблему представляет рекультивация земель после

завершения добычи руд, содержащих тяжелые металлы. Важным способом уменьшения уровня содержания тяжелых токсичных металлов в почве является их поглощение и накопление древесными растениями. Благодаря способности растений связывать тяжелые металлы с помощью различных органических веществ: фитохелатинов, металло-

тионеинов, органических кислот, полиаминов и т.д. [12, 13, 17] – они способны накапливать значительные количества тяжелых металлов в своих тканях. Таким образом, лесополосы санитарно-защитного значения вдоль дорог уменьшают опасность загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами, содержащимися в выхлопных газах, а посадки лесных насаждений на заброшенных рудниках позволяют уменьшить уровень загрязнения прилегающих ландшафтов тяжелыми металлами. Вместе с тем, несмотря на способность растений связывать ионы тяжелых металлов, растения также страдают от их токсичного действия. Ионы тяжелых металлов способны ингибировать рост растений [3, 9], снижать активность фотосинтеза, вызывать хлороз и некроз тканей листа [16]. Снижение жизнеспособности растений уменьшает их способность удалять токсичные ионы из окружающей среды. Поэтому поиск путей повышения устойчивости растений к действию тяжелых металлов представляет несомненный интерес. В литературе встречаются сообщения о том, что гормоны растений цитокинины повышают устойчивость растений к действию тяжелых металлов [2, 10]. Однако эти исследования немногочисленны и фрагментарны. Цель данной работы состояла в изучении возможности повышения устойчивости тополя бальзамического к действию тяжелых металлов путем их обработки препаратом синтетического цитокинина 6-бензиламинопурина.

Черенки тополя бальзамического (*populus balsamifera* L.) длиной 25 см отбирали в период глубокого физиологического покоя (в феврале месяце) с растений, произрастающих в условиях, близких к оптимальным (50-летние культуры, отсутствие источников загрязнения). Количество живых почек на черенках – не менее 5 [4]. Древесные черенки помещали в вегетационные сосуды с дистиллированной водой (по 2 черенка в один сосуд, объем вегетационного сосуда – 0,5 л). Растения находились на светоплощадке при освещенности 14000 люкс (продолжительность светового периода 14 часов) и температуре 23 °С. Через 2 дня происходи-

ло распускание почек, а на 6-го день после начала эксперимента в дистиллированную воду добавляли хлорид свинца до конечной концентрации 2 г/л. Данная концентрация солей свинца была подобрана в предварительных экспериментах как вызывающая резкое снижение скорости роста листьев [6]. Через 7 суток после добавления токсичных ионов в питательную среду листья растений погружали на 5 мин в раствор синтетического цитокинина 6-бензиламинопурина (10мг/л) (далее 6-БАП), содержащего 0,05 % детергента твина-60. Листья контрольных растений на такой же срок помещали в раствор детергента такой же концентрации. Затем через 12-й и 21-й день после начала воздействия ионов свинца измеряли площадь листьев ($S = (d1 \times d2)/2$), степень их поражения хлорозом (оценивали визуально в % от общей площади листа), поглощение воды растениями (по ее убыли из сосудов) и длину корней на черенках тополя. Общая продолжительность эксперимента составила 34 дня.

Добавление хлорида свинца в питательный раствор приводило к резкому снижению скорости роста листьев. К 18-му дню после начала эксперимента (12-й день действия ионов свинца) их суммарная площадь и средняя площадь листьев была ниже, чем в контроле на 67 % и 69 % соответственно (табл.). В течение следующей недели прирост листьев растений, обработанных солями свинца, практически прекратился. Если в контроле их суммарная площадь увеличилась на 50 %, то в варианте с обработкой – лишь на 4 %. Обработка растений цитокининами существенно увеличила прирост площади листьев, общая площадь которых с 27-х по 34-е сутки эксперимента увеличилась на 9 %. Необходимо заметить, что сама по себе обработка растений цитокининами несколько снизила скорость прироста площади листьев к концу эксперимента по сравнению с контрольными растениями (которые не обрабатывали ни БАП, ни солями свинца).

Присутствие ионов тяжелых металлов в питательной среде вызывало хлороз

листьев растений, а обработка цитокининами снижала степень их поражения (табл.). Токсическое действие ионов свинца проявлялось также и в снижении способности растений поглощать воду (рис. 1). Ингибирующее действие ионов свинца на поглощение воды не проявлялось у растений, обработанных цитокининами.

Нами также установлено, что ионы свинца полностью подавляли процесс обра-

зования корней на черенках как обработанных, так и необработанных цитокининами растений. Применение БАП также привело к снижению суммарной длины корней (табл.).

Анализ полученных нами результатов показывает, что ионы свинца резко ингибировали рост листьев тополя бальзамического, обработка растений цитокинином уменьшала степень отрицательного воздействия токсичных ионов на рост растений.

Т а б л и ц а

Влияние обработки черенков тополя бальзамического (*populus balsamifera* L.) синтетическим цитокинином 6-БАП и хлоридом свинца на рост листьев, степень их поражения хлорозом и корнеобразование

Вариант опыта	Суммарная площадь всех листьев, мм ²		Средняя площадь листьев, мм ²		Степень поражения хлорозом, %	Образование корней (сумма длины всех корней у всех черенков), мм	
	12-е сутки с момента внесения Pb	21-е сутки с момента внесения Pb					
Без обработки (контроль)	19062	28656,5	1192	1592	0	928	2333
Обработка Pb ²⁺	12816,5	13298,5	826	746,5	до 20	0	0
Обработка 6-БАП	19083,5	22807,5	1060	1267	0	619	1608
Обработка Pb ²⁺ и 6-БАП	14392	15626	899,5	917	не более 1	0	0

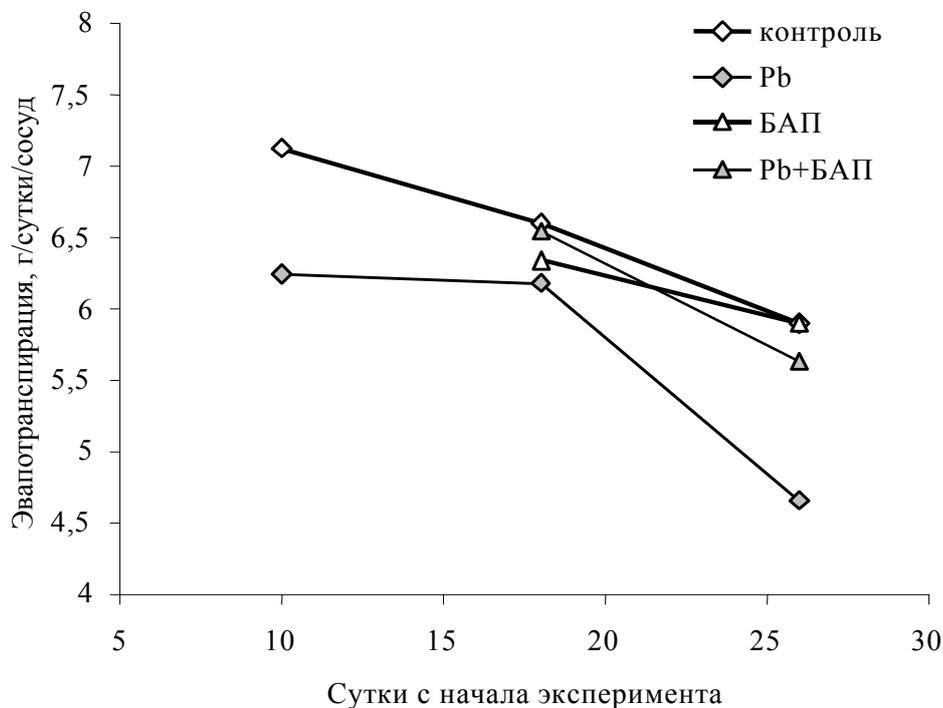


Рис. 1. Изменение способности черенков тополя бальзамического (*populus balsamifera* L.) поглощать воду (г/сутки/сосуд) под действием синтетического цитокинина 6-БАП и хлорида свинца



Рис. 2. Развитие растений тополя бальзамического (*populus balsamifera* L.) под действием синтетического цитокинина 6-БАП и хлорида свинца (1 – контроль, 2 – Pb^{2+} , 3 – БАП, 4 – Pb^{2+} + БАП)

Подавление роста растений в присутствии ионов тяжелых металлов – хорошо известный эффект [2, 3, 9]. Недавние исследования показали их способность ингибировать аквапорины (белки, обеспечивающие растяжение клеточной стенки) [15]. Было показано, что цитокинины уменьшают ростингибирующее действие тяжелых металлов [18].

Одна из причин угнетения роста растений в присутствии ионов тяжелых металлов заключается в том, что они нарушают ход биохимических процессов в клетке, приводя к накоплению активных радикалов и окислительному стрессу [11]. В результате взаимодействия активных радикалов с различными компонентами клеток происходит разрушение жизненно важных веществ. Одно из наиболее ярких его проявлений – распад пигментов фотосинтетического аппарата клетки и развитие хлороза, что мы и наблюдали в своих экспериментах [14]. Окислительный стресс наблюдается не только при действии ионов тяжелых металлов. Он сопровождается многими другими неблагоприятными

воздействия (например, действие повышенной температуры [8], что также приводит к нарушениям в пигментном аппарате и фотосинтезе. Известно, что цитокинины повышают содержание в клетках веществ-антиоксидантов, способных защищать клетку от разрушительного действия активных радикалов. Так, было показано накопление под влиянием цитокининов каротиноидов, которые являются одними из антиоксидантов [1]. Инокуляция растений салата микроорганизмами, способными продуцировать цитокинины, увеличивала содержание в растениях каротиноидов и снижала отрицательное воздействие ионов кадмия на пигментный аппарат клеток. Полученные данные подтверждают способность цитокининов защищать фотосинтезирующий аппарат от стрессовых воздействий, выражающуюся в снижении степени проявления хлороза у растений под воздействием ионов тяжелых металлов.

Ингибирующее действие самих цитокининов на рост листьев также требует обсуждения. Считается, что цитокинины бла-

гоприятно действуют на рост листьев. Однако также известно, что эти гормоны подавляют образование и рост корней [7], что наблюдалось и в наших экспериментах. Следует отметить, что цитокинины не добавляли в питательную среду, а обрабатывали ими листья растений. Можно, предположить, что цитокинины по флоэме транспортировались в корни. Однако более вероятно, что они оказывали опосредованное влияние на рост корней. Так, было показано, что цитокинины способны снижать транспорт в корни гормонов ауксинов, необходимых для корнеобразования. Эксперименты с трансгенными растениями показали, что накопление цитокининов в побегах, но не в корнях, снижает скорость роста корней [5]. Таким образом, нами получен еще один аргумент в пользу того, что влияние цитокининов на рост корней может реализоваться через воздействие на процессы, которые происходят в побегах. Вместе с тем, в растении все взаимосвязано. И ростигибирующее действие цитокининов на корни в свою очередь отрицательно сказалось на росте листьев.

Тем не менее, цитокинины защищали растения тополя от токсичного воздействия ионов свинца. В их присутствии снижалось отрицательное воздействие сублетальных концентраций, которые мы применяли в наших экспериментах (рис. 2). Таким образом, представляется перспективным использование цитокининов для повышения устойчивости растений к тяжелым металлам. Они способны поддерживать рост растений в условиях загрязнения окружающей среды ионами тяжелых металлов и тем самым обеспечивать более активное освобождение окружающей среды от этих ионов. Как упоминалось выше, обнаружены микроорганизмы, способные продуцировать цитокинины и показано их защитное действие от токсичных металлов. Введение микроорганизмов в корнеобитаемый слой почвы древесных растений может оказаться перспективным подходом для повышения устойчивости растений к тяжелым металлам. Эксперименты с цитокининпродуцирующими микроорганизмами показали, что

они не подавляют корнеобразование и накопление биомассы корней растений (вероятно потому, что данные микроорганизмы продуцируют не только цитокинины, но и ауксины). Поэтому они оказывают более выраженное положительное действие на рост растений в целом.

Альтернативный подход может также заключаться в получении *ipt*-трансгенных растений, способных синтезировать повышенное количество цитокининов. В России уже получены трансгенные тополя, продуцирующие большее количество ауксинов по сравнению с их природными аналогами. Эксперименты с *ipt*-трансгенными растениями показали, что экспрессия гена, контролирующего накопление цитокининов в растениях, повышает их устойчивость к действию ионов тяжелых металлов [5].

Таким образом, перспективным представляется возможность применения биотехнологических методов для повышения устойчивости растений к токсическому действию ионов тяжелых металлов посредством использования цитокининов.

Работа поддержана грантами РФФИ №02-04-97909 и №02-04-97908.

Библиографический список

1. Архипова Т.Н., Мелентьев А.И., Веселов С.Ю., Кудоярова Г.Р. Влияние цитокининпродуцирующих микроорганизмов на устойчивость растений салата к токсическому действию ионов кадмия // *Агрехимия*. – 2004. – №3. – С. 1–5.
2. Бессонова В.П., Лыженко И.И., Михайлов О.Ф., Кулаева О.Н. Влияние кинетина на рост проростков гороха и содержание пигментов при избытке цинка в питательном растворе // *Физиология растений*. – 1985. – Т. 32. – № 1. – С. 153–159.
3. Веселов Д.С., Фахрисламов Р.Г. Влияние кадмия на поглощение ионов, транспирацию и содержание цитокининов в проростках пшеницы // *Агрехимия*. – 1999. – № 10. – С. 420–426.
4. Комиссаров Д.А. Биологические основы размножения древесных растений черенками. – М.: Лесн. пром-сть, 1964. – 273 с.
5. Кудоярова Г.Р., Иванов И.И., Веселов С.Ю., Веселов Д.С., Симонян М.В., Анохина Н.Л. Содержание цитокининов и рост *ipt*-трансгенных растений табака // Тезисы V Съезда ОФР и Межд.конф. «Физиология растений – основа фитобиотехнологии», Пенза, 15-21 сентября 2003 г. – Пенза, 2003. – С. 462.

6. Кулагин А.А. Эколого-физиологические особенности тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) в условиях загрязнения окружающей среды металлами: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Тольятти, 2002. – 20 с.
7. Площинская М.Е., Иванов В.Б., Салмин С.А., Быстрова Е.И. Анализ возможных механизмов регуляции ветвления корня // Журнал общей биологии. 2002. – Т. 63. – С. 68–74.
8. Чернядьев И.И. Фотосинтез и цитокинины // Прикл. биохим. и микробиология. – 1993. – Т. 29. – № 5. – С. 644–675.
9. Aidid, S., H. Okamoto, 1993. Responses of elongation rate, turgor pressure and cell wall extensibility of stem cells of *Impatiens balsamina* to lead, cadmium and zinc, *BioMetals*, 6. – P.245–249.
10. Gadallah, M., A. El-Enany, 1999. Role of kinetin in alleviation of copper and zinc toxicity in *Lupinus termis* plants. *Plant Growth Regul.*, 29. – P. 151–160.
11. Gallego S.M., Benavides M.P., Tomaro M.L. Effect of heavy metal ion excess on sunflower leaves: evidence for involvement of oxidative stress // *Plant Sci*. 1996. V. 121. – P. 151–159.
12. Gekeler, W., E. Grill, E.-L. Winnacker, M. Zenk, 1989. Survey of the plant kingdom for the ability to bind heavy metals through phytochelatin, *Z. Naturforsch.*, 44. – P. 361–369.
13. Krotz, R., B. Evangelou, G. Wagner, 1989. Relationships between cadmium, zinc, Cd-binding peptide, and organic acid in tobacco suspension cells, *Plant Physiol.*, 91. – P. 780–787.
14. Krupa Z. Cadmium-induced changes in the composition and structure of the light-harvesting chlorophyll a/b protein complex II in radish cotyledons // *Physiol. Planta*. 1988. V. 73. – P. 518–524.
15. McQueen-Mason S., Durachko D.M., Cosgrove D.J., Two endogenous proteins that induce cell-wall extension in plants, *Plant Cell*. 4 (1992). – P. 1425–1433.
16. Prasad, M., K. Strzalka, 1999. Impact of heavy metals on photosynthesis. In: *Heavy Metal Stress in Plants – From Molecules to Ecosystems*, Eds. M. Prasad, J. Hagemeyer. – P. 117–138.
17. Rauser, W., 1993. Metal-binding peptides in plants. In: *Sulfur nutrition and assimilation in higher plants*, Eds. L. De Kok et al. – P. 239–251.
18. Veselov D., Kudoyarova G., Symonyan M., Veselov S. Effect of cadmium on ion uptake, transpiration and cytokinin content in wheat seedlings. *Bulg. J. Plant Physiol*. 2003. – P. 353–359.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭКСТРАГИРОВАННЫХ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ВЕЩЕСТВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ВОДОЕМОВ

А.Ю. МАНУКОВСКИЙ, доц. каф. транспорта леса и инженерной геодезии ВГЛТА, канд. техн. наук

Считается, что основное воздействие древесины на экологические системы водоемов происходит в результате экстрагирования из нее растворимых веществ.

Вещества, экстрагируемые водой (ВЭВ), плохо изучены во всех отношениях. Обычные методики химических анализов предусматривают экстракцию органическими растворителями, при этом количество и состав экстрактивных веществ сильно отличается от ВЭВ (наиболее близки к ВЭВ вещества, экстрагируемые спиртом). Состав ВЭВ довольно специфичен для каждой древесной породы, к тому же детальный анализ их крайне затруднен.

ВЭВ состоят в основном из следующих типов соединений:

– многоатомные фенолы, так называемые «дубильные вещества» или таниды;

– полисахариды – пектины, крахмал и некоторые гемицеллюлозы, так называемые «камеди»;

– низкомолекулярные углеводы (моно-, ди-, три- и тетрасахариды) и их производные, а также циклические спирты.

Вещества, извлекаемые органическими растворителями и отгоняемые с паром, обычно называют смолистыми. Из них в воду могут попасть некоторые смоляные кислоты и терпены, в обилии находящиеся в живице хвойных пород. Предельно допустимая суммарная концентрация их в воде водоемов рыбохозяйственного водопользования (по токсикологическим нормативам) < 2 мг/л.

Наиболее опасны с токсикологической точки зрения многоатомные фенолы. Они присутствуют в живых клетках растений в виде гликозидов или (в случае фено-

локислот) в виде сложных эфиров оксикислот, которые после вымывания легко распадаются на глюкозу (или рамнозу) и агликон, в состав которого входят в основном различные фенолкарбоновые кислоты.

Лимитирующий показатель вредности таннидов для рыбы < 10 мг/л. Все эти постмортальные изменения ведут также к появлению кислых продуктов и подкислению воды.

По данным ряда авторов, изучавшим токсическое действие ВЭВ на рыбу, можно считать, что при соотношении древесины и воды < 1:250 в воде отсутствуют неблагоприятные условия для обитания и развития водных организмов.

Кислородный режим водоемов и БПК – наиболее изменчивые показатели качества воды, зависящие от многих факторов. Из них наибольшее значение для лесосплава имеют количество ВЭВ, скорость вымывания их из древесины, скорость окисления их в воде и скорость реэрации воды. Каждый из этих факторов в свою очередь зависит от ряда других, так что необходима точная оценка влияния их в каждом конкретном случае. Однако на основе модельных опытов в лабораторных и природных условиях, а также с учетом некоторых сведений в литературе приведем наиболее важные результаты.

1) Содержание ВЭВ, растворимых в горячей воде, в заболонной древесине основных лесообразующих пород (%): сосна – 1,4–3,5; ель – 1,5–2,3; кедр – 1,5–7,6; береза

– 1,0–4,2; осина – 1,8–3,2. В холодной воде их растворяется в 2–3 раза меньше. В коре содержание ВЭВ намного больше. Так, в холодной воде их растворяется (в %): в сосне ≈ 12, ели ≈ 22, березе ≈ 18, осине ≈ 21. Доля коры составляет 5–12 % от стволовой биомассы.

2) Вымывание ВЭВ происходит по экспоненциальному закону, если пренебречь некоторой первоначальной лаг-фазой (когда клетки коры еще живы и удерживают ВЭВ) и ускорением в связи с отмиранием живых клеток. Удельная скорость вымывания k_0 варьируется от 0,02 до 0,06, в среднем равна 0,04 сутки⁻¹. В хранившейся древесине в связи с отмиранием живых клеток луба и заболони скорость вымывания несколько повышается.

3) Окисление ВЭВ происходит по экспоненте с ограничением. Скорость окисления k_1 сильно варьируется в зависимости от температуры воды, состава и легкости окисления ВЭВ, а также от видового состава и обилия микроорганизмов в воде. Величина k_1 в лабораторных условиях колеблется от 0,1 до 1 сутки⁻¹, в природных условиях, по видимому, от 0,3 до 2,5 сутки⁻¹. Необходимо уточнение величины для каждого водоема, используемого в целях лесосплава.

4) Скорость аэрации k_2 зависит в значительной степени от скорости потока и температуры. При температуре 15–20° С она равна 0,1 в слабопроточных водоемах и 0,7–0,8 в малых реках с быстрым течением.

Т а б л и ц а

Значения объёмных соотношений воды и древесины в зависимости от скорости окисления k_1 и скорости аэрации k_2

k_1 , сутки ⁻¹	k_2		
	0,02	0,04	0,06
0,30	$\frac{\tilde{N}_a}{458} \left(\frac{1}{183} \right)$	$\frac{\tilde{N}_a}{818} \left(\frac{1}{327} \right)$	$\frac{\tilde{N}_a}{1110} \left(\frac{1}{444} \right)$
1,00	$\frac{\tilde{N}_a}{155} \left(\frac{1}{62} \right)$	$\frac{\tilde{N}_a}{292} \left(\frac{1}{117} \right)$	$\frac{\tilde{N}_a}{418} \left(\frac{1}{167} \right)$
2,00	$\frac{\tilde{N}_a}{80} \left(\frac{1}{32} \right)$	$\frac{\tilde{N}_a}{155} \left(\frac{1}{62} \right)$	$\frac{\tilde{N}_a}{255} \left(\frac{1}{90} \right)$

В связи с экспоненциальным вымыванием ВЭВ основная масса их попадает в воду в первые две недели, даже в первые сутки. Если древесина затонула, то в слабо кислых водах происходит частичный гидролиз полисахаридов. Даже по истечении нескольких лет в заболони остается (вновь образуется в результате гидролиза) некоторое количество ВЭВ, например, в сосне после 5 лет затопления – 36 %, а через 18 лет – 18 % от первоначального количества ВЭВ. Ещё медленнее ВЭВ вымывается из ядровой части. Можно сказать, что малое количество ВЭВ в затонувшей древесине и очень медленное их вымывание определяет их незначительное влияние (на кислородный режим водоема. Вопреки распространенному мнению, затонувшая древесина «не гниет», очень медленно изменяясь в химическом отношении. Таким образом, наиболее опасные ситуации для рыбы могут возникнуть в первые несколько декад пребывания древесины в воде.

Изменения БПК и дефицита кислорода описываются эскизной моделью на основе общепринятой модели Стритера-Фелпса с учетом того, что загрязнения поступают в воду не в виде разового сброса, а постепенно, в процессе вымывания их из неокоренной древесины. Расчеты сделаны исходя из следующих предположений: биохимический показатель (количество O_2 , расходуемое на окисление единицы массы ВЭВ) $r = 1$ (соответствует полисахаридам и низкомолекулярным углеводам), базисная плотность древесины – 400 кг/м^3 .

Принимаем следующие ограничения: $\text{БПК}_{\text{П}} \leq 3 \text{ мг/л}$, концентрация кислорода $> 6 \text{ мг/л}$. Обозначив содержание ВЭВ в древесине через C_0 , получим (табл.) значения объемных соотношений воды и древесины λ (в скобках указано значение λ при $C_0 = 2,5 \%$).

Как видно из табл., наиболее опасно положение, когда скорость вымывания велика, а скорость окисления мала. Если принять за предельно допустимое соотношение по токсичности $\lambda \leq 1:250$, то при $C_0 = 2,5 \%$ БПК является лимитирующим фактором при

$k_1 = 0,3$ и $k_0 = 0,04 - 0,06$, где λ должна быть еще меньше.

Ограничения по дефициту кислорода также возникают при определенных условиях. Например, при $k_0 = 0,06$, $k_1 = 0,3$ и $k_2 = 0,1$ максимальный дефицит наступает через 30 суток и при начальной концентрации кислорода 10 мг/л для выдерживания необходимой нормы $\lambda \leq 1:495$. При $k_0 = 0,02$, $k_1 = 0,2$ и $k_2 = 0,1$ $\lambda \leq 1:268$ (максимум дефицита через 41 сутки), т.е. при слабой проточности концентрация кислорода является лимитирующим фактором.

Таким образом, приняв за основу требования к составу и свойствам воды в водных объектах, предназначенных для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к недостатку кислорода, можно сделать следующие выводы.

БПК и концентрация O_2 в воде зависят от ряда условий, в основном, от скорости вымывания экстрактивных веществ и скорости их окисления. Максимальное соотношение объемов древесины и воды – $1:250$ установлено по результатам токсикологических испытаний по отношению к гидробионтам. Сравнительно большой скорости вымывания (после длительного хранения древесины) и малой скорости окисления (в холодных чистых водах) требуется еще меньшее соотношение древесины и воды. Однако при сплаве свежей или окоренной древесины кислородный режим не является лимитирующим фактором (необходимо выдерживать токсикологическую норму $1:250$). Опасность возрастает в слабопроточных водоемах. В малых реках с быстрым течением изменением гидрохимического режима можно пренебречь, но там возрастает роль эрозийных процессов.

Исходя из этого в отношении гидрохимических изменений в водоеме сплав возможен при соблюдении ряда условий.

Конкретные показатели влияния сплава на гидрохимический режим водоема могут быть уточнены экспериментальными исследованиями.

ДАТИРОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ И ЕГО ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

И.И. ПИЩИК, доц. каф. реставрации РГГУ, канд. техн. наук

В паспорте любого памятника – будь то икона или церковь – должно быть отмечено, когда, где и кем он построен, написан, изготовлен. Но часто это неизвестно: не сохранилось ни документов, ни каких – либо свидетельств. А если памятник еще и перестраивали, перевозили, ремонтировали, подновляли, то сложности в атрибуции возрастают многократно. В таких случаях используют технические методы экспертизы. Один из них, радиоуглеродный, основан на том, что при старении в материале уменьшается содержание изотопа углерода ^{14}C , имеющего период полураспада в 5768 лет, но погрешность этого метода составляет ± 100 лет, поэтому он может использоваться лишь для датирования предметов из отдалённых исторических эпох [1].

В последнее время, когда требуется высокая точность, «возможно применение радиоуглеродного датирования микроскопических образцов, использующее масс-спектрометрию ускорителя и нередко способного указать дату с точностью до ± 30 лет. В том случае, когда существует подозрение на подделку, это единственный метод для вынесения однозначного решения с точки зрения истории искусства» [2].

Данная методика у нас в стране вообще неизвестна. Кроме того, она не может использоваться в массовом порядке в силу своей высокой стоимости.

Ещё один метод – дендрохронология (ДХ). Его давно применяют для датирования предметов, имеющих деревянную основу. Дело в том, что при засухе, сильных морозах или очень влажном лете деревья уменьшают величину годового прироста, как бы «записывая» на себе информацию о климате прошлых веков, т.е. неблагоприятные усло-

вия роста привязаны ко времени, что и позволяет определять время рубки древесины [3]. Однако для датирования требуются очень крупные образцы. Это либо спил ствола, либо сектор такого спила, либо kern, вынутый из ствола пустотелым буром. При этом все образцы должны иметь полный набор годовых слоёв от сердцевины до луба, иначе возможна погрешность. Вполне понятно, что у многих изделий просто нет этого набора.

Что касается взятия проб из художественных произведений, то здесь возникли громадные проблемы, а часто эта операция вообще оказывалась невозможной. Именно поэтому размеры большинства образцов, имевшихся в наличии, оценивались несколькими миллиметрами во всех трёх измерениях.

В связи с тем, что в музеях число изделий из разных древесных пород огромно, и они в силу указанных выше объективных причин оказались вне сферы датирования, была поставлена задача разработки методов, позволяющих определять возраст любого из них либо на малых образцах, либо без разрушения. Для этого вначале были проанализированы публикации, посвящённые свойствам старой древесины.

В некоторых работах авторы определяют срок эксплуатации деревянных построек в сотни и даже тысячи лет, указывая, что «качество древесины по определённым параметрам со временем повышается и, следовательно, период её конструктивного использования практически неограничен в отсутствие биоразрушителей» [4]. Это утверждение чрезвычайно важно. Когда «специалисты» от реставрации предложили разобрать национальную святыню – Преобра-

женскую церковь о. Кижи – из-за якобы аварийного состояния, а на её месте поставить макет или копию, нашлись люди, заявившие, что древесина служит всего 300 лет. Такое мнение много раз звучало со страниц газет, хотя из литературных данных можно увидеть, что исследователи имеют дело с материалом огромного возраста. Так, в некоторых работах приводятся результаты анализа древесины возрастом от 60 до 180 миллионов лет!

В ряде работ указывается, что в основе механизма старения древесины лежит гидролиз, следовательно, мы можем сравнить свойства старого материала с современной древесиной, подвергнутой гидролизу. Такие работы проводились в 1970-х годах в Институте химии древесины (ИХД), в лаборатории П.П. Эриньша, где была обнаружена закономерность «перевернутого колокола» для изменений в структуре и свойствах древесины (рис. 1).

Похожий характер изменений оказался и при исследовании прочности древесины

архитектурных памятников (рис. 2), выполненных в ЦНИИМОД [5].

Кроме того, выяснилось, что при эксплуатации памятников архитектуры сильно меняются свойства только поверхностной зоны материала. Более глубокие слои старятся аналогично предметам интерьера, поэтому древесину из интерьера и экстерьера (без поверхностного слоя) можно было исследовать совместно.

Поиски методов датирования, поэтому, были ограничены лишь древесиной интерьеров и архитектурных памятников, археологическая древесина в исследованиях не участвовала, т.к. условия её эксплуатации (кислотность или щёлочность среды, грунтовые воды, микроорганизмы, блуждающие токи и т.п.) – трудноучитываемые факторы.

Схожесть характера кривых рис. 1 и рис. 2 означает, что в основе старения древесины действительно лежит гидролиз, и, следовательно, её свойства с возрастом должны меняться по экстремальной кривой.

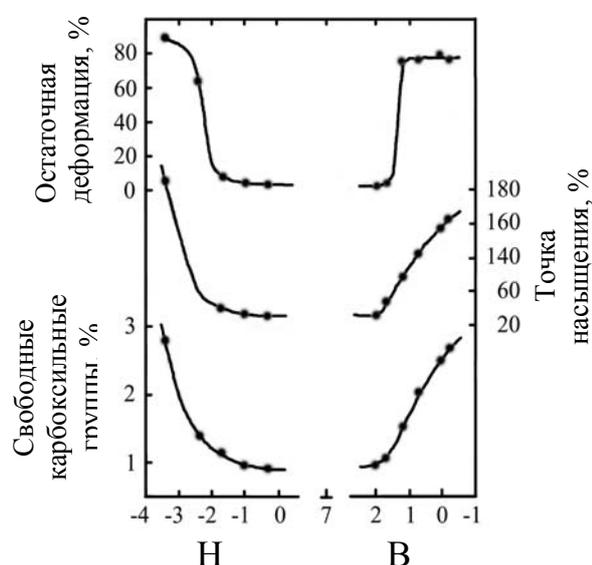


Рис. 1. Изменение химического состава и свойств древесины берёзы при кислотном (Н) и щелочном (В) гидролизе по данным ИХД

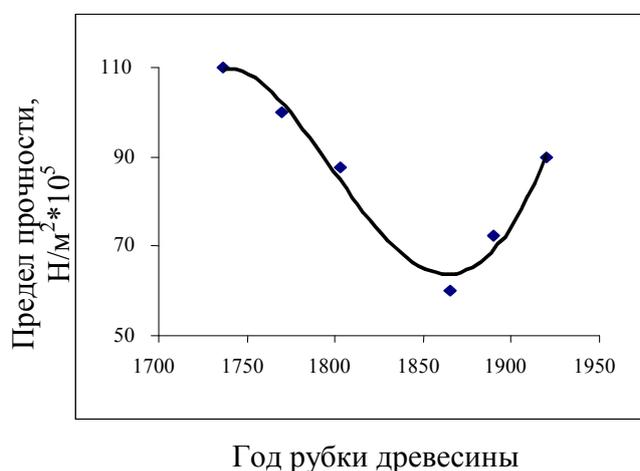


Рис. 2. Изменение прочности с возрастом у древесины сосны из архитектурных памятников по данным ЦНИИМОД

Методика исследований вначале казалась предельно простой: отобрать точно датированную древесину разного возраста и внутри каждой породы провести анализ свойств, чтобы определить, как они меняются при старении. Однако оказалось, что датировки, которыми оперируют искусствоведы и архитекторы, базируются зачастую только на времени постройки объектов и не учитывают того, что при их эксплуатации случались пожары, протечки кровли, биопоражения древесины, а это, естественно, приводило к необходимости ремонтов и замене разрушенных деталей. Кроме того, бытовала практика, когда в новый строящийся объект, скажем в церковь, вносили здоровую древесину из старой, обветшавшей, и потому разобранный церкви, или обгоревшую живопись икон после пожара счищали и на старой доске писали заново (повторное использование материала). Помимо этого, мастера прекрасно знали, что старая древесина значительно меньше подвержена короблению и усадке и поэтому сознательно ее использовали. Так, в изделиях, изготовленных из нескольких досок, датировки отдельных элементов очень часто отличаются на 70–100 лет.

О том, какое значение придавали мастера старой древесине, можно узнать из

работы [6]: «... в суздальском иконном деле существовал специальный промысел по сбору старых досок. О его масштабах можно судить по сведениям местной газеты 1879 года. В том году только в Мстёру было привезено более 28 тысяч собранных по всей России старых досок».

В результате исследования множества характеристик старой древесины (под этим термином подразумевается материал, прослуживший не менее 50 лет) обнаружилось, что ни одна из них не обнаруживает связи с исходными датировками, хотя есть показатель, полученный на малом числе образцов древесины липы, по которому, как выяснилось, можно успешно датировать художественные произведения (рис. 3). Этот показатель, похожий на кривую «перевернутого колокола», и данные рис. 2 легли в основу построения датировочных шкал, т.к. впоследствии стало очевидным, что исходные датировки в большинстве своём неверны и требуют пересмотра.

Построенные датировочные шкалы обнаружили удивительные свойства. Было установлено, что процесс старения циклический и состоит из двух симметричных ветвей: восходящей и нисходящей. Для хвойных пород цикл составляет 200 лет, для лиственных – 260.

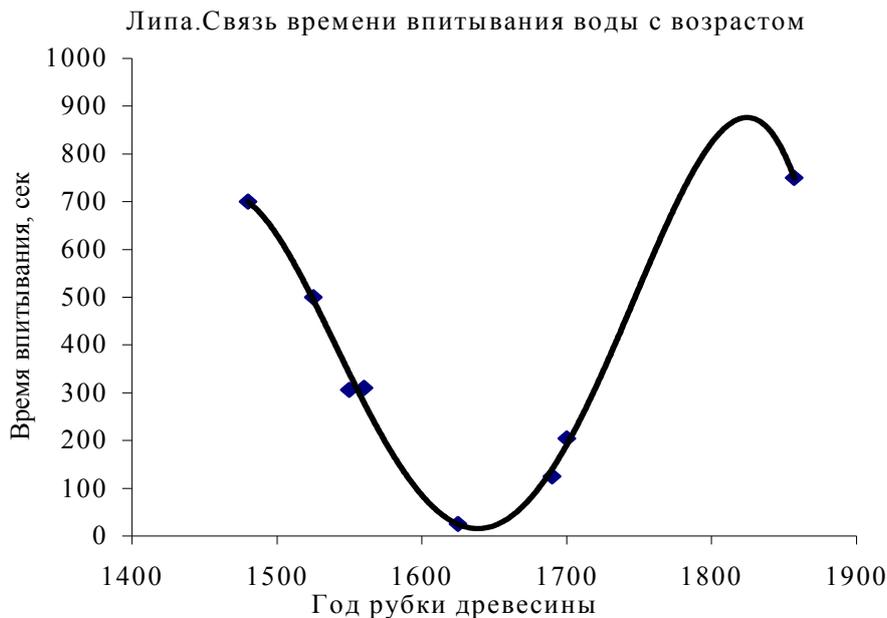


Рис. 3

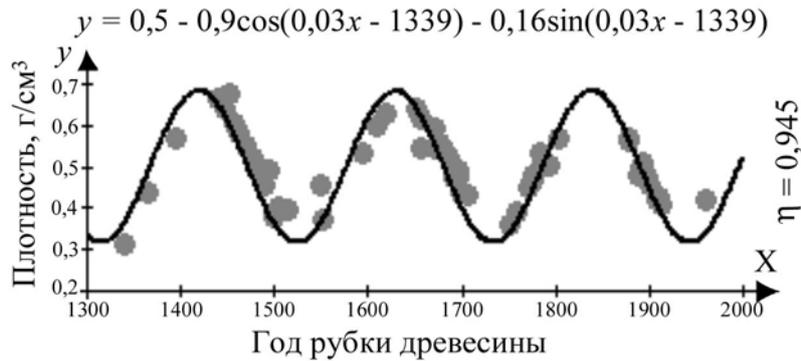


Рис.4. Датировочная шкала древесины сосны

На восходящей ветви значения большинства исследованных свойств увеличиваются по абсолютной величине (содержание ЛГ, углы смачивания и трения, адгезия, плотность, жёсткость, термическая устойчивость и т.д.), а на нисходящей – процесс обратный: абсолютные значения свойств уменьшаются. Одновременно на восходящей ветви древесина темнеет, а на нисходящей – светлеет.

Было обнаружено также, что максимум в спектрах отражения лиственных пород на нисходящих ветвях сдвигается в сторону больших длин волн, а на восходящих – в сторону меньших. Для хвойных пород картина обратна.

В соответствии с полученными результатами процесс датирования заключается в использовании нескольких методов.

Вначале по макро- или микропризнакам определяется порода древесины.

Затем определяется плотность образца, и на шкале (рис. 4) проводится горизонталь, соответствующая измеренной плотности и пересекающая все ветви шкалы. Символом « η » в поле рис. 4 отмечено корреляционное отношение.

После этого записывается спектр отражения исследуемого образца и по сдвигу максимума в спектре определяется, на какой ветви шкалы (восходящей или нисходящей) находится искомым ответ.

Далее визуально сравнивается цвет искомого образца с цветом эталонных образцов, и при совпадении цветов на уже известной горизонтали определяется конкретное место нахождения образца на шкале, и дата рубки древесины.

Разумеется, последняя операция требует наличия эталонных образцов для каждой исследуемой породы, чтобы можно было проследить изменение цвета её древесины с возрастом.

Естественно, возникает вопрос, а правомерно ли использование визуального контроля цвета древесины, не возникнут ли ошибки при датировании?

Для того, чтобы убедиться, что визуальный контроль имеет право на существование, вместе с сотрудниками отдела древнерусского искусства Государственной Третьяковской галереи провели экспертизу, в которой пяти испытуемым (экспертам) было предложено разложить шесть образцов разной окраски в определённом порядке, сравнивая их цвет с эталонным. Результаты экспертизы были обработаны по методике, изложенной в работе [7]. На основании данных экспертизы коэффициент ранговой корреляции по Спирмену оказался значимым и равным $\rho = 0,886$, т. е. оценки экспертов и цвет образцов оказались связаны между собой, причём возрастанию времени эксплуатации древесины соответствует её потемнение (экспертиза проводилась на одной из восходящих ветвей датировочной кривой древесины сосны), а степень согласия экспертов, оцениваемая коэффициентом конкордации, оказалась значимой и равной $W = 0,963$.

Расположение тех же образцов на возрастной шкале по объективному показателю – цветовой координате, характеризующей потемнение древесины, совпало с данными экспертизы, т. е. визуальный контроль, основанный на изменении цвета древесины с

возрастом, оказался возможным и правомерным.

После построения датировочных шкал и проведённой передатировки образцов было интересно узнать, каков же процент неточных исходных дат. При этом считали, что если разница между исходной и новой датами составляет более 50 лет, – исходная дата неверна, если укладывается в 50 лет, – то верна.

Расчёт показал, что даже при таких мягких условиях несовпадение исходных датировок с вновь полученными составило около 80 %.

Погрешность датирования разработанным методом, определённая методами математической статистики, равна ± 15 лет – очень высокий результат для методов датирования.

Разработанная методика проходила проверку во многих музеях и реставрационных организациях страны. Во многих случаях предложенные даты совпадали с искусствоведческими датировками. В нескольких случаях датировки автора были в дальнейшем подтверждены найденными архивными документами (имеются акты испытаний методики).

Новая методика позволила решать задачи, которые ранее даже не формулировались. Так, получают атрибуцию изделия, не имевшие её; решаются: вопросы авторства произведений; спорные задачи; задачи криминалистики и таможни, связанные с необоснованным вывозом за границу художественных ценностей и их хищениями; задачи оценки рейтинга искусствоведов и выплаты им зарплаты в соответствии с этим рейтингом; определяется время ранее проводившихся ремонтных работ; резко сокращается время поиска архивных документов и т.п.

Одна из задач – определение фальшивок. На рис. 5 приведена икона «Сошествие во ад», которую частный коллекционер хотел продать Третьяковской галерее за 500 тыс. долларов как икону XIV века.

Датировка досок иконы показала, что они срублены в 1668 ± 15 годах, и говорить о XIV веке не приходится.



Рис. 5

В работе показано, что цикличность изменения свойств древесины во времени оказалась связанной с циклами солнечной активности. Кроме того, обнаружено, что все катаклизмы, происходящие с памятниками и деревянными сооружениями (обрушение, отклонение от вертикали, поражение грибами, насекомыми и даже пожары), проявляются только тогда, когда древесина имеет пониженные характеристики (в нижней части цикла). Когда же свойства материала характеризуются высокими значениями (верхняя часть цикла), древесина сама способна противостоять всем воздействиям, даже огню, (если, конечно, её не поджечь). Это означает, что древесине далеко не всегда нужна помощь, что в течение одного столетия памятнику нужно обеспечить лишь охрану, зато в следующем столетии потребуются его антисептирование и антипирирование, а, возможно и укрепление конструкций. Но для того, чтобы узнать, когда памятнику необходима помощь, нужно датировать его древесину, т. е. датировка стано-

вится неперменным звеном технологического процесса реставрации.

В деревянных памятниках разрушенные фрагменты часто выпиливают и на их место вставляют современную древесину, забывая, что у современного и старого материала совершенно разные свойства. Так, их коэффициенты усушки и разбухания сильно отличаются. Это означает, что при изменении влажности среды современный и старый материал будут менять габариты по-разному, возникнут дополнительные (и нежелательные) напряжения, раскачивающие памятник. Эти напряжения со временем могут привести к его обрушению. Чтобы этого не произошло, для восполнения утрат в древних сооружениях предлагается подбирать древесину по плотности, равной основе памятника, но на 200 лет моложе этой основы, т. е. древесину, находящуюся на параллельной ветви возрастных изменений (рис. 4). В этом случае изменение свойств основы и вставок во времени будет происходить синхронно и все негативные проявления будут сняты. При этом продолжительность безаварийной службы памятника бу-

дет увеличена. Такой подход составляет новую концепцию реставрации деревянных памятников.

Библиографический список

1. Ваганов П.А. Физики дописывают историю. – Л. изд. Ленинградского университета, 1984. – С. 68.
2. Museum // Международный журнал Юнеско. – 1995. – № 183.
3. Вихров В.Е., Колчин Б.А. Основы и метод дендрохронологии // Советская археология. – 1962. – № 1. – С. 2–37.
4. Козлов В.А., Крутов В.И., Кистерная М.В. Методические основы оценки состояния древесины Преображенской церкви в музее-заповеднике «Кижы». Труды II Международного симпозиума «Строение, свойства и качество древесины-96», октябрь 1996, МГУЛ. – М., 1996. – С. 307–312.
5. Варфоломеев Ю.А., Потуткин Г.Ф., Шаповалова Л.Г. Изменение свойств древесины при длительной эксплуатации (на примере памятников деревянного зодчества Архангельской обл.) // Деревообрабатывающая промышленность. – 1990. – № 10. – С. 28–30.
6. Тарасов О.Ю. Икона и благочестие. – М.: Прогресс-культура, 1992. – С. 171.
7. Пижурин А.А. Современные методы исследований технологических процессов в деревообработке. – М.: Лесная промышленность, 1972.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛАГОПРОВОДНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ПОСЛЕ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

А.Д. ПЛАТОНОВ, доц. каф. древесиноведения ВГЛТА, канд. техн. наук,
Т.К. КУРЬЯНОВА, доц. каф. древесиноведения ВГЛТА, канд. техн. наук

Древесина по строению и формам связи с влагой существенно отличается от других коллоидных капиллярно-пористых тел. Она может быть представлена в виде поликапиллярного тела. Капиллярная структура в поперечном направлении сложная и схематически может быть представлена как совокупность микро-и макрокапилляров.

Размер капилляров в стенках и полостях клеток различен. Капилляры клеточных стенок являются микрокапиллярами, их радиус меньше 10^{-5} см. В микрокапиллярах находится только связанная – осмотическая, гигроскопическая влага. Эти капилляры не-

постоянные, они исчезают при испарении влаги.

Полости клеток, имеющие радиус больше 10^{-5} см, являются макрокапиллярами. Их размеры остаются постоянными в области выше предела насыщения клеточных стенок [5, 6].

Кроме влаги в жидкой фазе (связанная и свободная) древесина содержит паробразную влагу в макро- и микрокапиллярах, заполненных воздухом. Таким образом, в древесине при положительной температуре влага находится в двух фазовых состояниях: жидком и паробразном.

Сложное строение древесины обуславливает, как показал П.С. Серговский [6], и различный характер перемещения влаги внутри древесины при ее влажности ниже и выше предела насыщения клеточных стенок.

Несмотря на то, что изучением передвижения влаги в твердых гигроскопических телах занималось немало исследователей, полной ясности в этом вопросе нет и до настоящего времени. Это можно объяснить тем, что при передвижении влаги в древесине, особенно в процессе ее высыхания, переплетается слишком много зависимых и независимых величин.

Однако вся влага, удаляемая из древесины в процессе сушки, проходит в конечном итоге через поверхностную зону с влажностью ниже предела насыщения клеточных стенок. Поэтому значение коэффициента влагопроводности древесины для расчетов продолжительности сушки в равной мере необходимо как при влажности ниже точки насыщения волокна, так и при влажности выше точки насыщения клеточных стенок.

Влагопроводность зависит от многих факторов (порода, плотность, направление тока влаги и др.), но наибольшее влияние на нее оказывает температура. При повышении температуры влагопроводность существенно возрастает. Это обусловлено тем, что при повышении температуры возрастает интенсивность перемещения как парообразной влаги (вследствие возрастания коэффициента диффузии пара), так и влаги, находящейся в жидкой фазе (вследствие уменьшения ее вязкости).

Отсюда можно предположить, что повышение влагопроводности следует вести в направлении ускорения движения влаги в виде пара по макрокапиллярам [3].

Анализ структуры элементов, входящих в состав древесины дуба, показывает, что все они в большей или меньшей степени участвуют в процессах влагопроводности. Главной же водопродводящей структурой являются сосуды. Остальные элементы, соприкасаясь с сосудами посредством пор, образуют единую сообщающуюся водопродводящую систему.

Однако водопродводящую способность сосуда большинства кольцесосудистых и ряда рассеянососудистых пород сохраняют, в зависимости от условий произрастания деревьев, от 4 до 12 лет [7]. Утрата водопродводящей способности сосудов происходит по причине закупорки их тилами. Таким образом, большая часть сосудов водопродводящей системы за исключением заболонной части ствола со временем перестает выполнять свои функции. Такое исключение большей части сосудов из водопродводящей системы не только затрудняет передвижение влаги в дереве, но и в процессе сушки. Отсюда следует, что для того, чтобы увеличить интенсивность передвижения влаги необходимо «подключить» к общей водопродводящей системе сосуды, закупоренные тилами.

Предварительная химическая обработка позволяет разрушить тилы и осуществить поверхностную пропитку древесины соляным раствором. Разрушение тил в сосудах позволит соединить все проводящие элементы древесины в единую непрерывную систему. Это, в свою очередь существенно сократит время перемещения влаги из внутренней части древесины к поверхности. Увеличение влагопроводности, а следовательно и сокращение продолжительности сушки, будет особенно ощутимым в заключительный период падающей скорости, когда в общем процессе влагопроводности преобладает движение влаги в виде пара.

В пиломатериалах, наружные слои которых пропитаны раствором соли, упругость пара на поверхности меньше, чем во внутренних слоях, где содержится вода (чистый растворитель). Эта разность парциальных давлений и вызывает более интенсивный, дополнительный внутренний перенос влаги в материале [4].

Для подтверждения теоретических предположений о влиянии химической обработки на интенсивность передвижения влаги в древесине авторами была проведена серия экспериментов по определению численных значений коэффициента влагопроводности обработанной древесины.

Методика исследования

Методика планируемого эксперимента должна обеспечить получение достаточно достоверных данных о величине коэффициента влагопроводности при различных температурных режимах при соблюдении следующих условий:

- движение влаги через образец должно происходить при заданной температуре и влажности воздуха;
- передвижение влаги в образцах должно происходить лишь в заданном направлении;
- процесс убыли влаги должен регулярно контролироваться до достижения постоянного значения.

Явление влагопроводности древесины рассматривалось не в процессе высыхания, а в установке, обеспечивающей постоянную скорость продвижения влаги и постоянное распределение увлажненности материала.

Все эти условия удалось осуществить посредством методики, описанной ниже.

Для проведения экспериментов была использована древесина дуба, ясеня, лиственницы, бука и древесина дуба мореного. Из свежесрубленной древесины были выпилены заготовки толщиной 50 мм, шириной 100 мм и длиной 400 мм с тангенциальным расположением волокон

При проведении опытов по определению коэффициента влагопроводности размеры образцов должны быть стабильными, поскольку от их формоустойчивости зависит плотность прилегания изолирующего материала к боковым граням. С этой целью все образцы были выдержаны в комнатных условиях в течение шести месяцев до достижения ими устойчивой влажности.

После выдержки из каждой заготовки последовательно были изготовлены образцы диаметром и высотой по 30 мм таким образом, чтобы обеспечить ток влаги в тангенциальном направлении. Для этого их боковые поверхности были тщательно изолированы.

Коэффициент влагопроводности был определен методом стационарного тока влаги в установке, разработанной Арциховской [2].

Подготовленные образцы вместе со стаканчиками были помещены в эксикаторы. На дно эксикаторов была налита концентрированная серная кислота. Затем эксикаторы были помещены в термостаты с постоянной температурой соответственно 20, 60 и 80 °С.

В результате разности парциальных давлений пара в стаканчике и эксикаторе через образец начинается ток влаги. Для контроля за количеством прошедшей через образец влаги их периодически вынимали через равные промежутки времени и взвешивали.

Для того чтобы избежать постепенного разжижения концентрированной серной кислоты вследствие поглощения ею водяного пара, она периодически обновлялась.

После стабилизации тока влаги образцы были вынуты из экспериментальной установки и на основании послышной влажности и скорости тока влаги определены численные значения коэффициента влагопроводности.

Результаты опытов

В табл. 1 представлены средние значения коэффициента влагопроводности по результатам опытов. Наибольшее влияние на влагопроводность оказывает продолжительность предварительной химической обработки древесины и температура окружающей среды.

Продолжительность химической обработки оказывает большое влияние на влагопроводность древесины. Так, максимальные значения коэффициента влагопроводности достигаются при 1,5–2,0 часах химической обработки. Свыше 2–2,5 часов отмечается снижение влагопроводности древесины.

По всей видимости данную закономерность можно объяснить следующим образом. При обработке древесины в течение первых двух часов происходит разрушение основной массы тил в сосудах. Это способствует резкому увеличению влагопроводности древесины. Однако одновременно с разрушением тил в поверхностные слои древесины проникает соляной раствор. Чем длительнее химическая обработка, тем больше раствора проникнет в древесину.

Средние значения коэффициента влагопроводности некоторых трудносохнущих пород в тангенциальном направлении в зависимости от продолжительности обработки и температуры среды

Порода	Температура среды, °С	Продолжительность обработки		
		1 час	2 часа	3 часа
Дуб	20	1,28	1,24	1,13
	60	6,64	6,63	5,75
	80	10,8	11,94	12,13
Ясень	20	1,78	1,75	1,30
	60	9,07	9,0	8,18
	80	15,12	15,99	16,22
Бук	20	1,46	1,34	1,16
	60	7,98	7,93	7,11
	80	12,65	13,02	13,21
Лиственница	20	0,83	0,77	0,51
	60	0,43	0,40	0,33
	80	0,72	0,82	0,89

В процессе подсыхания поверхности древесины концентрация соляного раствора в ней постоянно растет и происходит его частичная кристаллизация, т. е. закупорка полостей древесины кристаллами соли, которая и затрудняет продвижение влаги к поверхности древесины.

Большое влияние на влагопроводность древесины оказывает температура. Отмечается устойчивый рост влагопроводности древесины с повышением температуры. При температуре около 80 °С и выше интенсивность потока влаги возрастает и пропитанный соляным раствором слой уже не оказывает заметного сопротивления продвижению влаги и последующему ее испарению.

Средние значения коэффициентов влагопроводности древесины после химической обработки для сравнения с натуральной древесиной (по данным Алпаткиной [1]) представлены на рис. 1 и 2. Из рис. 1 видно, что предварительная химическая обработка позволяет увеличить коэффициент влагопроводности для кольцесосудистых пород примерно в 2,2–3 раза, для некоторых рассеянососудистых в 1,3–1,5 раза, а для хвойных, на примере лиственницы в 1,25–1,30.

Были проведены исследования по определению коэффициента влагопроводности мореной древесины дуба. Влагопроводность этой древесины сильно зависит от степени и условий морения, поэтому значения коэф-

фициента влагопроводности имеют большой интервал варьирования и превосходят аналогичные значения для натуральной древесины дуба от 2 до 5 раз. По этой причине на графике рис. 1 они не представлены.

На рис. 3–6 показано влияние температуры среды и продолжительности химической обработки на влагопроводность древесины.

При невысокой температуре среды кривые влагопроводности древесины имеют два характерных излома. Первый – при влажности 12 %, а второй – при 20 %. При 12 % влажности отмечается резкое увеличение влагопроводности древесины. Наибольшее увеличение происходит после 2-часовой обработки, когда в древесине уже разрушена основная часть тил. В процессе последующей химической обработки происходит разрушение оставшейся незначительной части тил и осуществляется более глубокое проникновение соляного раствора в древесину.

По своей численной величине коэффициент влагопроводности древесины после 2-х часов обработки имеет максимальное значение для любого температурного интервала (рис. 3–6). Однако считать указанную продолжительность оптимальной нельзя. Численные значения влагопроводности древесины после 1 и 3 часов близки по своей величине, но по механизму прохождения влаги имеются некоторые отличия.

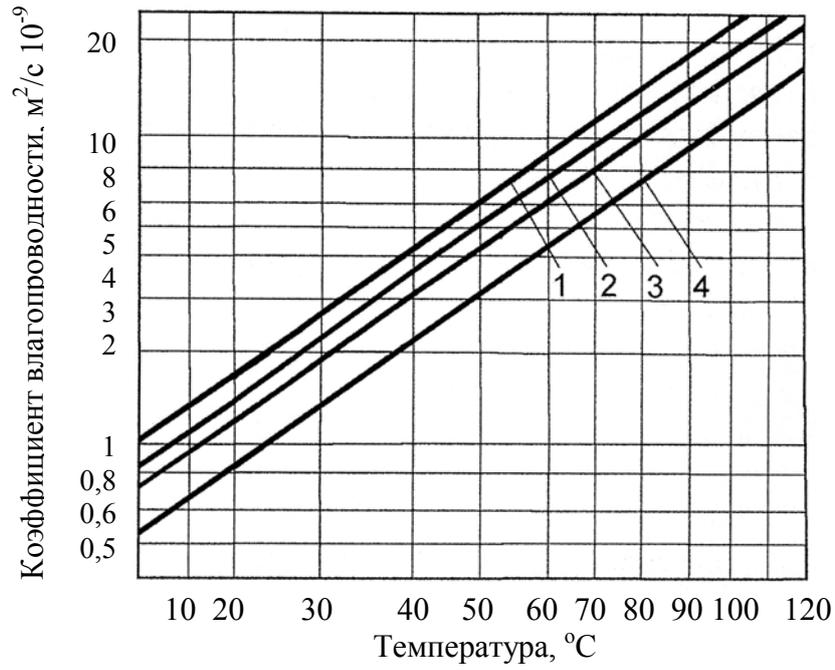


Рис. 1. Расчетная диаграмма средних коэффициентов влагопроводности некоторых древесных пород в тангенциальном направлении после химической обработки: 1 – ясень; 2 – бук; 3 – дуб; 4 – лиственница

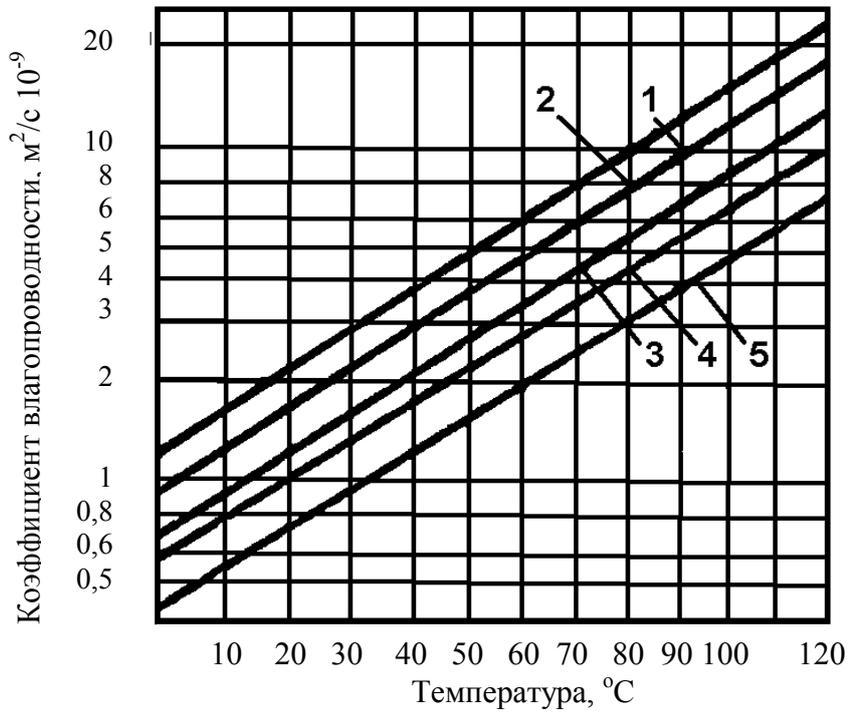


Рис. 2. Расчетная диаграмма средних коэффициентов влагопроводности древесины поперек волокон для главнейших пород: 1 – сосна, ель, осина; 2 – береза; 3 – бук; 4 – лиственница; 5 – дуб

После 3 часов химической обработки в древесине практически отсутствуют тилы и интенсивность тока влаги высока. Количество соляного раствора в поверхностных слоях древесины будет выше по сравнению с 1 часом обработки. Соляной раствор обладает повышенной гигроскопичностью и значительно понижает интенсивность испарения влаги с поверхности материала. Таким образом, после 3 часов химической обработки наблюдается интенсивный ток влаги по материалу, но при пониженной ее испаряемости с поверхности.

С точки зрения технологии сушки обработка в течение 2,5–3 часов более предпочтительна, поскольку поверхность материала не пересыхает и отмечается более равномерное распределение влаги по его сечению.

На рис. 6 представлены кривые, характеризующие средние значения влагопроводности древесины после химической обработки. В интервале температур 20–60 °С влажность древесины не оказывает большого влияния на коэффициент влагопроводности. При температуре 80 °С отмечается рост коэффициента влагопроводности с уменьшением влажности древесины.

Незначительное увеличение продолжительности процесса сушки компенсируется высоким качеством высушиваемого материала.

Как видно, между кривыми, приведенными отдельными авторами, имеется существенное расхождение. Следует, однако, отметить, что не все из приведенных на рис. 7 данных могут считаться одинаково надежными.

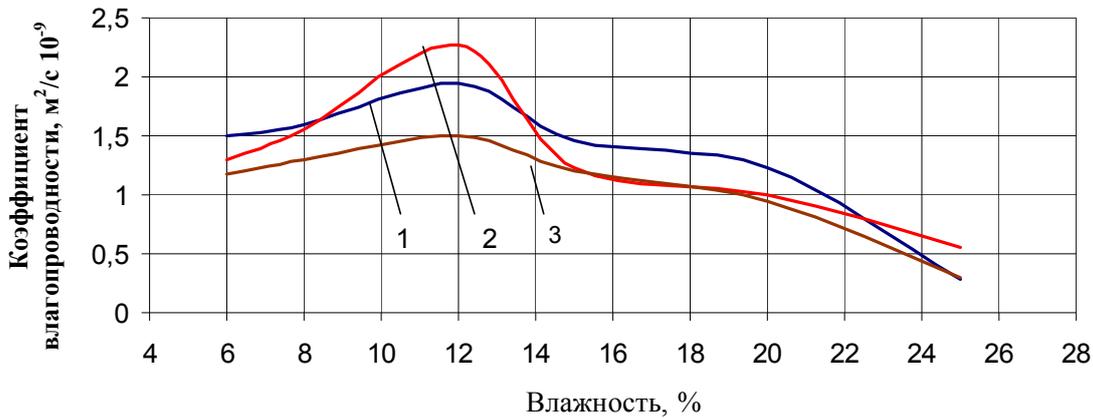


Рис. 3. Значения коэффициента влагопроводности по влажности при температуре 20 °С и продолжительности химической обработки: 1 – один час; 2 – два часа; 3 – три часа

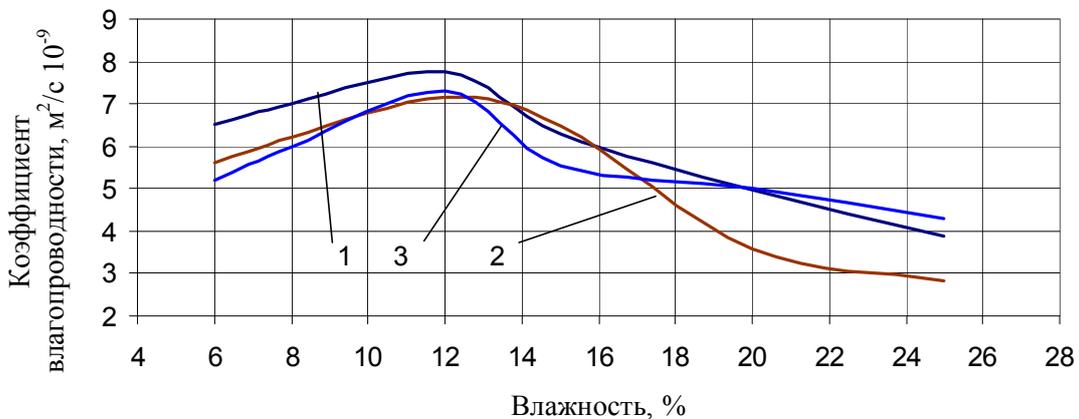


Рис. 4. Значения коэффициента влагопроводности по влажности при температуре 60 °С и продолжительности химической обработки: 1 – один час; 2 – два часа; 3 – три часа

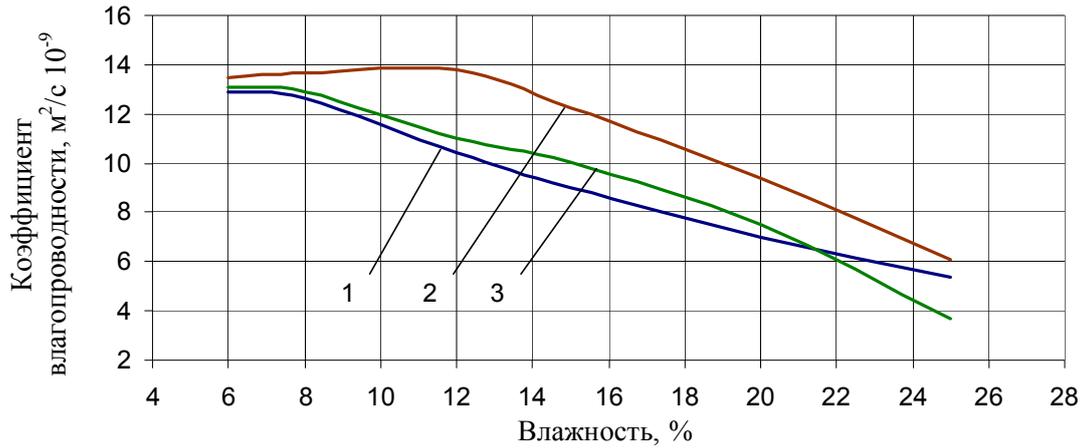


Рис. 5. Значения коэффициента влагопроводности по влажности при температуре 80 °С и продолжительности химической обработки: 1 – один час; 2 – два часа; 3 – три часа

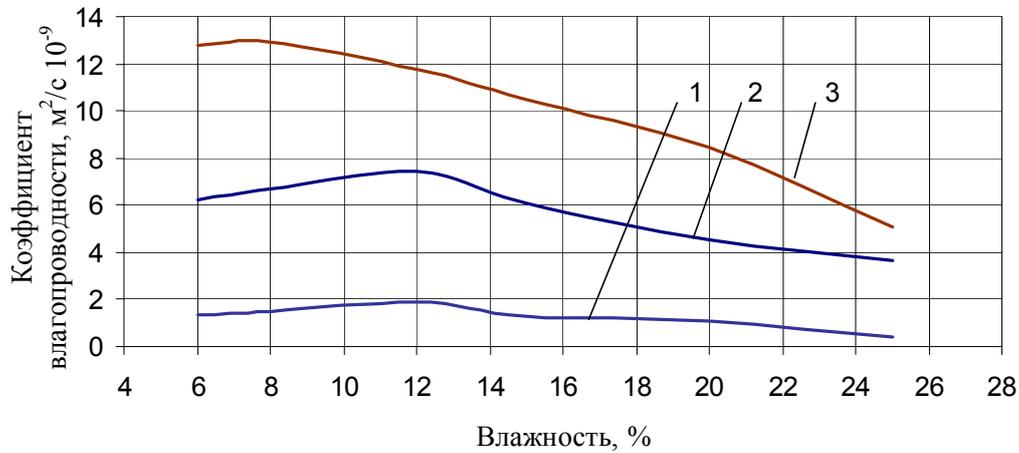


Рис. 6. Средние значения коэффициента влагопроводности древесины по влажности после химической обработки: 1 – температура 20 °С; 2 – температура 60 °С; 3 – температура 80 °С

Вполне надежными могут считаться данные Арциховской и Лыкова. Эти данные, как видно из рис. 7, подтверждают теоретическое предположение о том, что коэффициент влагопроводности в области ниже точки насыщения волокна изменяется с изменением влажности весьма незначительно и может приниматься постоянным при неизменной температуре.

Характер кривой влагопроводности древесины после химической обработки хорошо согласуется с данными, полученными Арциховской. Химическая обработка значительно повышает влагопроводность древесины. На рис. 7 представлена кривая, полученная по результатам опытов с древесиной ядра дуба в тангенциальном направлении. Средние значения влагопроводности древе-

сины дуба сопоставимы с влагопроводностью древесины сосны. Практика опытных сушек показала, что продолжительность сушки древесины дуба после химической обработки приблизительно близка к продолжительности сушки древесины сосны при прочих равных условиях.

На основании полученных значений коэффициента влагопроводности были проведены аналитические расчеты по определению продолжительности процесса сушки. Результаты аналитических расчетов и опытных сушек подтвердили правильность теоретических предпосылок. Расхождение между расчетными и экспериментальными данными не превышает 3 %, что является вполне приемлемой точностью для производственных расчетов.

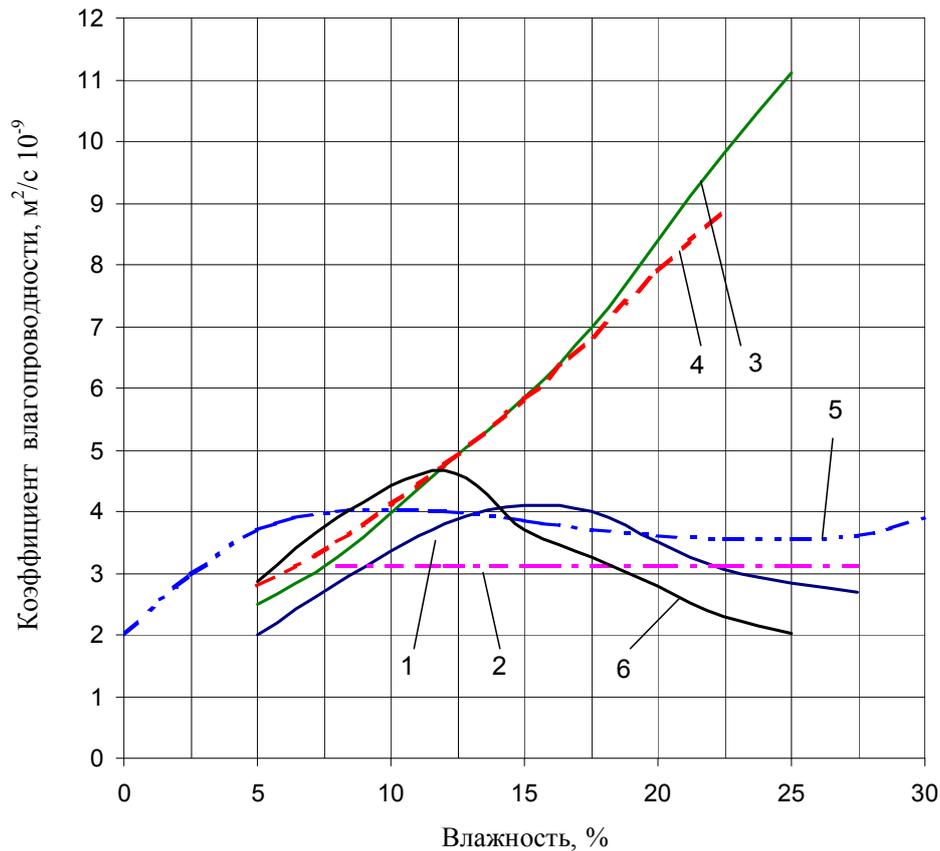


Рис. 7. Коэффициенты влагопроводности древесины при температуре 40 °С по данным различных исследований: 1 – по Арциховской (сосна); 2 – по Лыкову (липа); 3 – по Эгнеру (сосна); 4 – по Мартлею (сосна); 5 – по Стамму (сосна); 6 – по результатам данной работы (дуб после химической обработки)

Выводы

1. Предварительная химическая обработка позволяет разрушить тилы и осуществить поверхностную пропитку древесины соляным раствором. Разрушение тил в сосудах позволит соединить все проводящие элементы древесины в единую непрерывную систему.

2. Химическая обработка значительно повышает влагопроводность древесины.

3. Величина коэффициента влагопроводности зависит от продолжительности химической обработки.

4. Коэффициент влагопроводности в области ниже точки насыщения волокна изменяется с изменением влажности весьма незначительно и при неизменной температуре может приниматься постоянным.

Библиографический список

1. Алпаткина Р. П. О влагопроводности древесины важнейших отечественных пород / Р.П. Алпаткина // Деревообрабатывающая пром-сть. – 1967. – № 9. – С. 12–14.

2. Арциховская Н.В. Исследование влагопроводности древесины / Н.В. Арциховская // Труды ин-та леса. Т. IX. – М.: Изд. АН СССР, 1957. – С. 127–158.

3. Курьянова Т. К., Платонов А. Д. Интенсификация процесса сушки древесины / Т.К. Курьянова, А.Д. Платонов // Современные технологические процессы получения материалов и изделий из древесины: Матер. Всерос. науч.-технич. конфер. с междунар. участ. Воронеж, 17-19 сент., 2001. – Воронеж: Воронеж. гос. лесотехн. акад., – 2001. – С. 216–218.

4. Малеев В. И. Ускоренная сушка древесины / В.И. Малеев, В.А. Баженов // Лесная индустрия. – 1937. – № 9. – С. 65–71.

5. Москалева В. Е. Строение древесины и ее изменение при физических и механических воздействиях / В.Е. Москалева. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 165 с.

6. Серговский П.С. Расчет процессов высыхания и увлажнения древесины / П.С. Серговский. – М.: Гослесбумиздат, 1952. – 75 с.

7. Эзау К. Анатомия семенных растений: В 2 кн. / К. Эзау. – М.: Мир, 1980. (Кн. 1. – 224 с., Кн. 2. – 225 с.).

КАЧЕСТВО СУШКИ ТВЕРДЫХ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД ПОСЛЕ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

А.Д. ПЛАТОНОВ, доц. каф. древесиноведения ВГЛТА, канд. техн. наук,
Т.К. КУРЬЯНОВА, доц. каф. древесиноведения ВГЛТА, канд. техн. наук

Состояние материала в процессе сушки характеризуется возникновением во влажном теле трех взаимосвязанных полей: влажности, температуры и напряжений.

Как материал растительного происхождения, древесина обладает одновременно упругостью и пластичностью. Упругие свойства проявляются больше в сухой, а пластические – во влажной и особенно нагретой древесине. Во время сушки эти свойства проявляются в поперечном направлении, т. е. по ширине доски.

Если бы древесина была абсолютно упругим телом с характеристиками, не зависящими от влажности и температуры, после выравнивания влажности и охлаждения внутренние напряжения в ней должны были бы исчезать. Однако древесина не обладает идеальной упругостью, в ней (особенно при длительном воздействии нагрузок) развиваются остаточные деформации, которые сохраняются и после устранения вызвавших их усилий [3].

Кроме того, происходит процесс перерождения упругих деформаций в остаточные вследствие изменения жесткости древесины при снижении ее влажности.

Исследование механизма образования и закономерностей развития внутренних напряжений необходимо для построения оптимальных режимов и правильного ведения процесса сушки, а также для характеристики качества высушенной древесины.

Объекты и методы исследований

Качество сушки наряду с конечной влажностью и перепадом влажности по сечению материала характеризуется и величиной остаточных напряжений, определение которых и является целью данных исследований.

Определение величины внутренних напряжений было проведено после конвективной сушки древесины с предварительной химической обработкой и без химической

обработки. Часть заготовок была обработана раствором хлорида натрия в течение 3 часов. Затем торцы заготовок были покрыты двойным слоем лака, что позволило устранить испарение влаги вдоль волокон. После этого обе партии были высушены в конвективной сушильной камере.

Необработанные заготовки были высушены по принятой технологии: начальный прогрев, сушка, промежуточная и конечная влаготеплообработка. Заготовки, обработанные хлоридом натрия, были высушены по упрощенной технологии без начального прогрева, промежуточной и конечной влаготеплообработки.

По мере убыли влаги, через каждые 7–10 %, из обеих партий вынимался один контрольный образец и исследовался на перепад влажности по сечению и наличие внутренних напряжений.

Метод количественной оценки остаточных напряжений и построения их эпюр, основанный на измерении упругих деформаций отдельных элементов образца (после его раскроя на тонкие слои) и непосредственном определении модуля упругости древесины этих элементов, был разработан Б.Н. Уголевым и стандартизован ГОСТ 11603-73 «Метод определения остаточных напряжений».

Результаты исследований

Действующие в древесине так называемые полные внутренние напряжения $\sigma_{\text{пол}}$ можно рассматривать как алгебраическую сумму противоположных по знаку влажностных $\sigma_{\text{вл}}$ и остаточных $\sigma_{\text{ост}}$, равных по величине. Влажностные напряжения, характерные для абсолютно упругого тела, обусловлены неравномерной усушкой древесины по объему. Они имеют временный характер и исчезают при выравнивании влажности. Остаточные напряжения обусловлены наличием в древесине неоднородных остаточных деформаций.

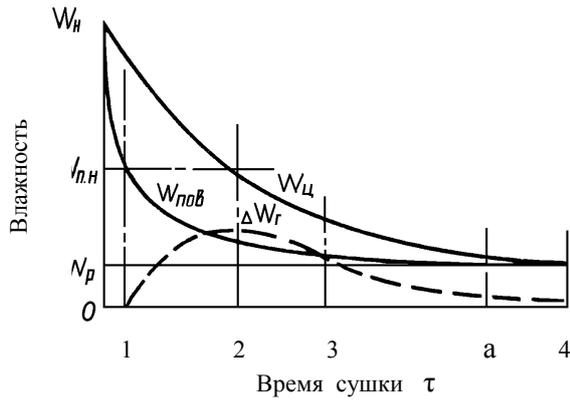


Рис. 1. График изменения влажности древесины в процессе конвективной сушки без предварительной химической обработки

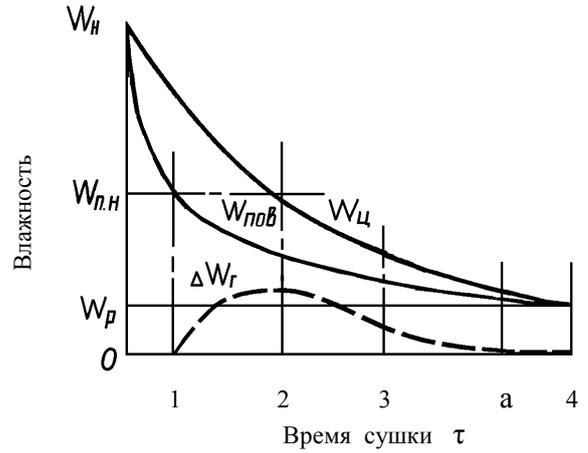


Рис. 2. График изменения влажности древесины в процессе конвективной сушки после химической обработки

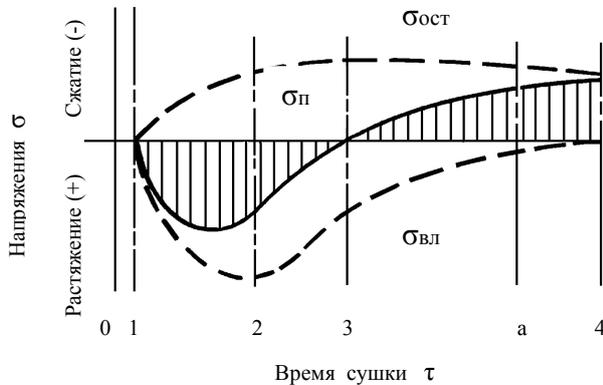


Рис. 3. График изменения влажностных, остаточных и полных напряжений в процессе конвективной сушки древесины без предварительной химической обработки (поверхностная зона)

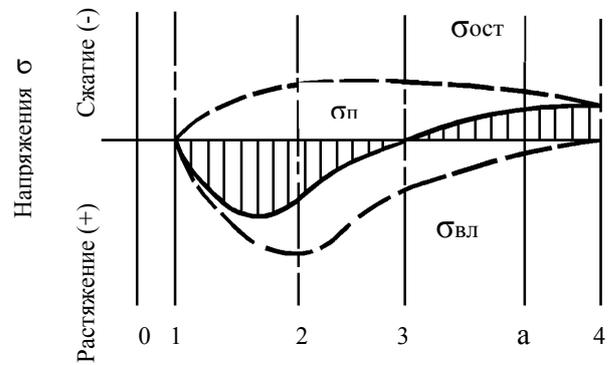


Рис. 4. График изменения влажностных, остаточных и полных напряжений в процессе конвективной сушки древесины с предварительной химической обработкой (поверхностная зона)

Влажностные напряжения, возникающие в первый период сушки, зависят от перепада влажности по сечению. Характер распределения влаги по сечению заготовок без предварительной химической обработки и предварительной химической обработкой представлен на рис. 1 и 2.

На рис. 1 показан характер изменения влажности поверхностной $W_{пов}$ и внутренней $W_{ц}$ зон пиломатериала без предварительной обработки.

В начале сушки, при влажности древесины выше предела насыщения клеточных стенок $W_{п.н}$, усушки нет и напряжения на коротком участке постоянной скорости сушки

0–1 отсутствуют. На участке 1–2 влажность поверхности опускается ниже $W_{п.н}$ и в материале возникают растягивающие влажностные напряжения. Дальнейшая сушка материала приводит к образованию еще большего перепада гигроскопической влажности $\Delta W_{г}$. После момента 2 влажность центральной зоны опускается ниже $W_{п.н}$, перепад влажности начинает уменьшаться.

На рис. 2 показан характер изменения перепада влажности для сушки заготовок после предварительной химической обработки. Предварительная химическая обработка уменьшает интенсивность испарения влаги с поверхности и одновременно увели-

чивает ток влаги от центра к поверхности материала. В результате этого перепад влажности ΔW_r будет значительно меньше, чем у заготовок без предварительной химической обработки (рис. 1). Одновременно с проникновением раствора в поверхностный слой последний усыхает медленнее, что не вызывает опасных напряжений в поверхностном слое в первый период сушки.

У заготовок с предварительной обработкой поверхность материала достигает предела насыщения клеточных стенок позже (участок 0–1, рис. 2) по сравнению с необработанной древесиной (участок 0–1, рис. 1).

В период падающей скорости сушки на участке 1–4 (рис. 2) распределение влаги по сечению материала более равномерное, чем на участке 1–4 (рис. 1). На момент окончания сушки в материале с предварительной обработкой перепад влажности по сечению меньше, чем у необработанной древесины и устанавливается значительно раньше момента a (рис. 1 и 2).

Различие в величине перепада влажности ΔW_r по сечению материала у обработанных и необработанных заготовок оказывает влияние и на величину внутренних напряжений.

На рис. 5 и 6 приведены эпюры остаточных напряжений для древесины дуба толщиной 40 мм, высушенные с предварительной химической обработкой.

На рис. 5 представлена эпюра остаточных напряжений в древесине дуба при влажности 37 %. На эпюре отражен момент смены знака напряжений. Согласно данным Курьяновой [1], для натуральной древесины дуба при конвективной сушке смена знака напряжений происходит при величине средней текущей влажности около 44–49 %. После химической обработки древесины величина этого предела понижается до уровня, близкого к 36–40 %.

Незначительное снижение уровня переходной влажности вызвано более длительным периодом постоянной скорости сушки, т. е. более поздним моментом перехода поверхности древесины уровня влажности ниже $W_{п.н.}$

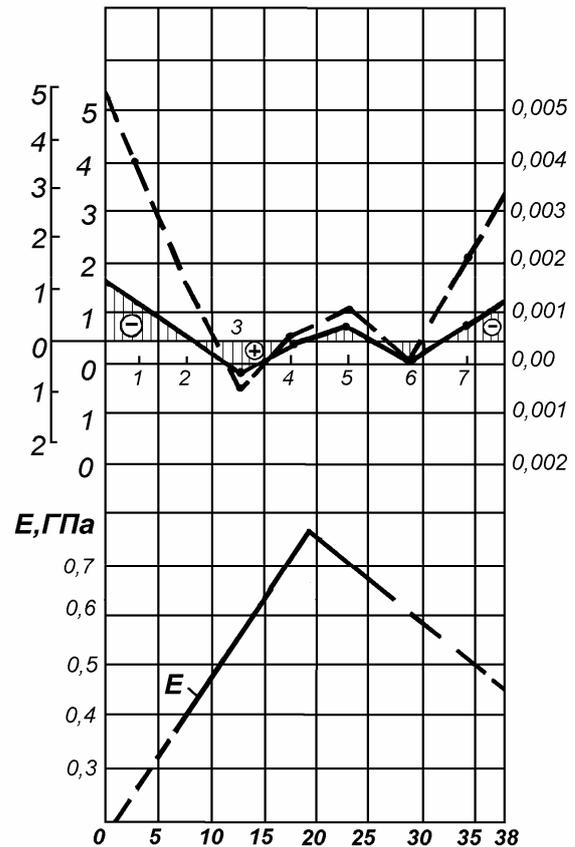


Рис. 5. Эпюра остаточных напряжений в дубовой доске после камерной сушки с предварительной химической обработкой (влажность 37 %)

На рис. 6 представлена эпюра остаточных напряжений в древесине дуба после конвективной сушки с предварительной химической обработкой. Величина растягивающих напряжений во внутренней части образца не превышает 1,8–1,9 МПа. Допустимые напряжения для древесины дуба составляют $\sigma_{доп} = 5,6 \text{ МПа}$ ($\sigma_{ав} = 0,7 \cdot \sigma$, где σ – предел прочности на разрыв поперек волокон; для дуба $\sigma = 8 \text{ МПа}$).

Величина остаточных напряжений зависит от интенсивности протекания процесса сушки. По данным Курьяновой [1] после атмосферной сушки дубовых пиломатериалов сжимающие напряжения в поверхностных зонах не превышали 1,7 МПа, а растягивающие напряжения во внутренней зоне – 0,9 МПа. После камерной сушки напряжения в поверхностных и внутренней зонах у тех же досок могут доходить соответственно до 7,5 и 3,8 МПа.

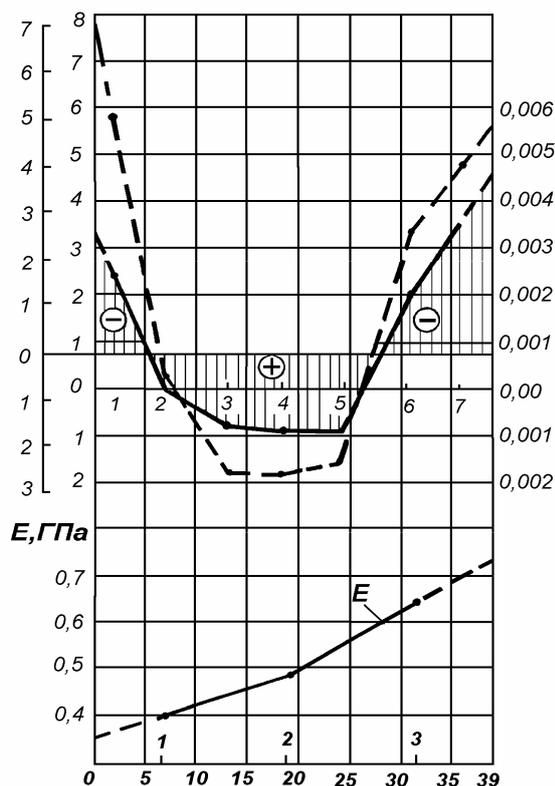


Рис. 6. Эпюра остаточных напряжений в дубовой доске после камерной сушки с предварительной химической обработкой (влажность 8 %)

Из эпюры рис. 6 видно, что после камерной сушки древесины дуба с предварительной обработкой сжимающие напряжения в поверхностных зонах достигают 4,0 МПа, а растягивающие во внутренней – 1,9 МПа.

Результаты исследований величины остаточных внутренних напряжений пока-

зывают, что предварительная химическая обработка позволяет высушивать древесину дуба с минимальными внутренними напряжениями, сопоставимыми с внутренними напряжениями после атмосферной сушки.

Выводы

1. Предлагаемый способ сушки древесины твердых пород позволяет упростить технологию путем исключения начального прогрева и влаготеплообработки.

2. Внутренние напряжения в древесине после камерной сушки с предварительной химической обработкой меньше, чем напряжения в древесине без обработки, и сопоставимы по своей величине с внутренними напряжениями после атмосферной сушки.

3. Продолжительность камерной сушки древесины твердых пород с предварительной обработкой в 2,0–2,5 раза меньше, чем без обработки.

4. Способ сушки с предварительной химической обработкой является энергосберегающей технологией и может быть рекомендован в производство.

Библиографический список

1. Курьянова Т.К. Исследование усадки древесины дуба в зависимости от режима сушки: Дис. канд. техн. наук. – М.: МЛТИ, 1981. – 23 с.
2. Уголев Б. Н. Испытания древесины и древесных материалов. – М.: Лесн. пром-сть, 1965. – 252 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРОКОВ В ЕЛОВЫХ ОБРЕЗНЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛАХ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ КОМЛЕВЫХ БРЕВЕН

Я.А. АМЕЛИН, *асп. каф. технологии лесопиления и деревообработки МГУЛ*

Известно, что пороки древесины распределены неравномерно. Пороками считают недостатки отдельных участков древесины, снижающие ее качество и ограничивающие возможность ее использования [2]. Между тем, неравномерность распределения некоторых пороков в ряде случаев может

быть закономерной. Так, общепризнанным является снижение количества сучков в пиломатериалах из комлевой зоны бревна, которое обосновывается появлением бессучковой зоны в процессе роста дерева [1]. Несмотря на то, что сокращение влияния сучков по мере приближения к комлю не вызы-

вает сомнений, недостаточно сведений о том, насколько эти изменения значительны.

В ходе проведенной работы исследовались обрезные доски, выпиленные из комлевых еловых бревен. Пиловочные бревна были получены из различных насаждений северо-востока Московской области. Точные характеристики древостоев, а также особенности местопроизрастания деревьев не были установлены. Пиловочные бревна были отобраны на нижнем складе и маркированы перед распиловкой. Все бревна являлись комлевыми и были получены из живых деревьев. Диаметр бревен находился в пределах 32...42 см. (в верхнем отрезе). Почти все бревна имели ярко выраженную звездчатую закомелистость, которая может служить косвенным признаком произрастания деревьев на влажных почвах в условиях высокого уровня грунтовых вод [3].

В ходе исследования было измерено 196 обрезных досок номинальными размерами 100 × 40 мм (ширина × толщина) и длиной 6 м. Во время измерений учитывалась площадь всех встречаемых и влияющих на качество древесины пороков. Измерения проводились на внешней пласти доски. Подавляющее число пороков составляли сучки. Измерению подлежали сучки диаметром более 8 мм, что обусловлено техническими требованиями для выработки заготовок столярно-строительных изделий.

Учет пороков проводили для всех досок в одном направлении: от комля к вершине, с фиксацией их координат. В результате для каждой доски было получено распределение пороков по ее пласти и, соответственно, по длине.

Каждая доска была разбита на три участка по два метра, на каждом из которых был произведен подсчет суммарной площади пороков. Среднее процентное содержание пороков на участках досок представлено на рис. 1.

Как видно из рис. 1., на участке досок от 0 до 200 см (отсчет ведется со стороны комля по ходу роста дерева) средняя площадь пороков составила 0,584 %. Для следующих участков – соответственно 0,618 и 0,814 %. При этом значения для первого участка находились в интервале от 0,000 % до 3,313 %, второго – от 0,000 % до 4,938 %, третьего – от 0,000 % до 3,375 %.

На рис. 2. представлено распределение досок по суммарной площади пороков в четыре категории. Доски, у которых площадь пороков не превысила 1 % включительно, составили 78,58 %.

Более подробное распределение досок по суммарной площади пороков представлено на рис. 3. Следует учитывать, что при столь дробном делении досок в ряде случаев на распределение в значительной степени могут влиять случайные факторы.

Процентное содержание пороков на участках досок (среднее по 196-ти доскам)

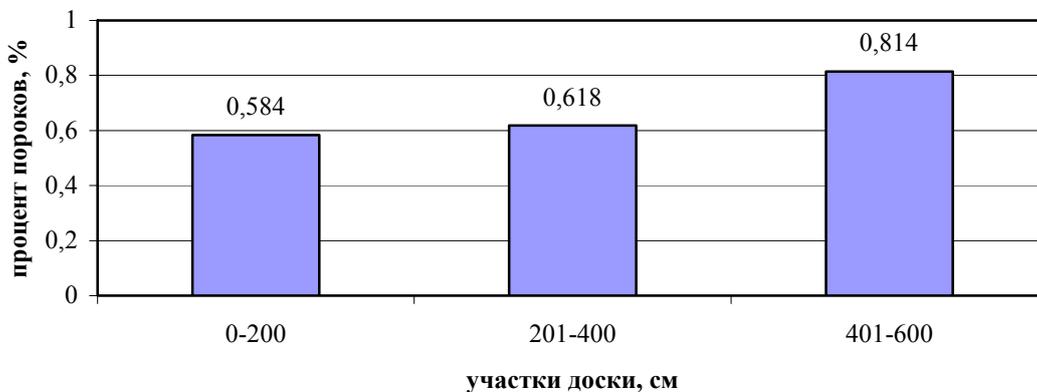


Рис. 1. Гистограмма процентного содержания пороков на участках досок

Распределение обрезных досок по площади пороков на 4 категории, %

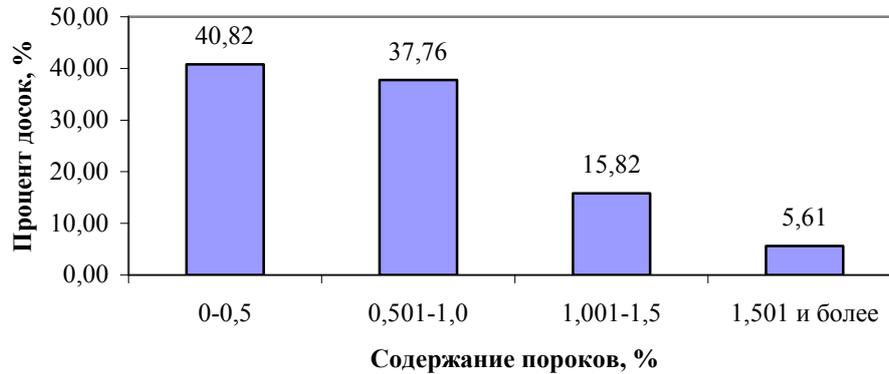


Рис. 2. Гистограмма распределения обрезных досок по суммарной площади пороков

Распределение обрезных досок 100мм по площади пороков в %



Рис. 3. Гистограмма распределения обрезных досок по суммарной площади пороков с градацией в 0,1 %

Процент вырезок от длины обрезных досок шириной 100мм

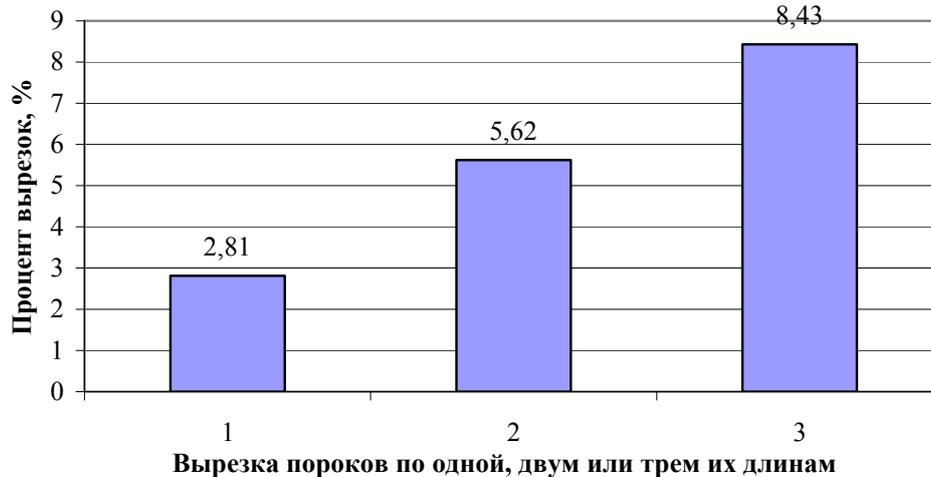


Рис. 4. Величина отходов при различных подходах к раскрою еловых обрезных пиломатериалов на заготовки

С практической точки зрения интересна не столько площадь самих пороков, сколько площадь вырезов с дефектами. Было проведено упрощенное моделирование раскроя досок. Учитывая, что обрезные доски имели небольшую ширину (100 мм), принималось, что дефект удаляется вырезкой, затрагивающей всю ширину доски. На рис. 4. представлено три варианта раскроя. Первый, скорее теоретический, предусматривает удаление дефекта строго по его границам. Второй – вырезку пороков с отступанием в каждую сторону на половину протяженности дефекта по длине доски. Третий – то же, но с отступанием в полный размер порока. Так как при моделировании не учитывалось наложение соседних вырезов друг на друга, все три варианта моделирования пропорциональны. Также принималось, что удаляются все идентифицированные и измеренные пороки (т.е., например, все сучки диаметром более 8мм). Не учитывалось и возможное образование отрезков древесины без пороков, небольшой протяженности, не позволяющей использовать их для сращивания по длине. Однако, несмотря на все указанные ограничения, которые в какой-то степени могут быть нейтрализованы эмпирическими коэффициентами, исследование показало масштабность образования отходов при раскрое еловых обрезных пиломатериалов, вырабо-

танных из комлевых бревен на заготовки столлярно-строительного назначения с высокими требованиями к качеству древесины.

Анализ результатов исследовательской работы позволяет сделать следующие выводы:

1. Увеличение площади пороков на пластах обрезных досок, выработанных из комлевых еловых пиловочных бревен, полученных из насаждений северо-востока Московской области, происходит по мере удаления от комля по ходу роста дерева.

2. Суммарная площадь значимых пороков для большинства измеренных досок не превышает 1 %, но реальные потери древесины при их вырезке больше многократно.

Хотя можно предполагать сохранение исследованных тенденций и для еловых пиломатериалов, полученных из древостоев иного происхождения, тем не менее, этот вопрос требует дополнительного изучения. В значительной степени наибольших изменений можно ожидать от величины суммарной площади пороков.

Библиографический список

1. Вагин А.В. Товарность ельников в зависимости от их возраста: Дисс. – М., 1958. – 270 с.
2. ГОСТ 2140-81 «Пороки древесины. Классификация. Термины и определения. Способы измерения».
3. Погребняк П.С. Общее лесоводство. 2-е издание. – М.: Колос, 1968. – 440 с.

ТЕРМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ТРОПИЧЕСКИХ ПОРОД

Б.Б. СЕРКОВ, *проф.*, начальник учебно-научного комплекса проблемы пожарной безопасности в строительстве Академии гос. противопожарной службы МЧС России, д-р. техн. наук,
А.Б. СИВЕНКОВ, *начальник научно-исследовательского отдела проблем профилактики в строительстве и сертификации Академии гос. противопожарной службы МЧС России,*
канд. техн. наук,

Б.Д. ТХАНЬ, *адъюнкт Академии гос. противопожарной службы МЧС России,*
Р.М. АСЕЕВА, *проф.*, *вед. научн. сотр. Института биохимической физики РАН, д-р хим. наук*

Экспериментальные и теоретические исследования закономерностей термического и термоокислительного разложения веществ и материалов имеют важное значение для создания фундаментальных основ пожарной безопасности этих объектов. Разложение органической субстанции, каковой

является древесина, представляет одну из главных стадий возникновения и развития процесса ее горения.

Разложение древесины при тепловом воздействии является сложным процессом. Древесина относится к классу материалов, способных обугливаться при разложении.

Количество и качество образующегося обугленного слоя оказывают значительное влияние на характер протекания пламенного и тлеющего горения подобных материалов.

Изучению термического (пиролиз) и термоокислительного разложения древесины и ее составляющих посвящено большое число работ. Из-за анизотропности и структурного разнообразия древесины разных пород, различий в их химическом составе, а также экспериментальных условий исследования разложения древесины до сих пор существует большая неопределенность в макрокинетических характеристиках этого процесса.

Разложение древесины рассматривается как необратимый процесс, скорость которого подчиняется закону Аррениуса. Для определения кинетических параметров разложения древесины чаще всего применяют метод динамической термогравиметрии.

Целью настоящей работы является установление методами термического анализа закономерностей пиролиза и термоокислительного разложения образцов древесины тропических хвойных и лиственных пород Вьетнама, определение макрокинетических параметров, а также формального механизма этих процессов в качестве базовых данных для моделирования воспламенения и горения древесины.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования служили образцы хвойных пород Вьетнама: ваншам (*пicea koraiensis nakai*), тхонгкарибэ (*pinus massoniana*), а также лиственных пород: бачдан (*eucalyptus camandulensis*), кеотай-тыонь (*acacia mangium*) и кеолай (*acacia auriculiformis*). Содержание основных компонентов в химическом составе образцов древесины (целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина, экстрагируемых веществ) и некоторые другие характеристики представлены в статьях [1–3]. В данной работе использованы образцы из тех же партий древесины, вырезанных в продольном к волокнам направлении.

Для определения кинетических закономерностей разложения древесины при те-

пловом воздействии образцы готовили в виде мелкоизмельченных порошков, высушенных до постоянного веса при температуре 105–110 °С. Навеска образцов была в пределах 1,0–8,5 мг.

Анализ осуществляли с помощью термоаналитического комплекса «Du Pont 9900», включающего термовесы ТГА-951, модуль ДСК-910, систему программного обеспечения, записи и обработки полученных результатов. На выходе термовесов ТГА-951 был установлен детектор хроматографа «Газохром 3101» с ячейкой каталитического сжигания. Сигнал термохимического детектора в mV, пропорциональный концентрации горючих газов, через переходный модуль и интерфейс – аналого-цифровой преобразователь системы – направлялся на персональный компьютер «Texas Instruments» для записи динамики выделения горючих газов. Скорость потока газа-носителя (азот или воздух) во всех экспериментах была равной 50 мл/мин. Номинальную скорость подъема температуры устанавливали в ранге 5, 10 и 20 °С/мин.

Кинетические параметры разложения древесины оценивали по ТГ и ДТГ кривым, используя метод мультиплетной скорости нагрева и процедуру, аналогичную описанной в работе [4].

Результаты и обсуждение

На рис. 1 на примере хвойной древесины ваншам показано влияние окружающей среды на степень и скорость разложения древесины при нагревании до 500 °С при подъеме температуры со скоростью 10 град/мин.

Вне зависимости от атмосферы при нагревании образцов до 150 °С потери массы обусловлены выделением абсорбированной влаги. Собственно разложение древесины начинается при более высокой температуре. Так как кислород воздуха инициирует деструкцию древесины, уменьшение веса образца на воздухе наблюдается при более низкой температуре, чем при нагревании его в азоте. Окислительное разложение древесины ваншам протекает в две стадии. Первая – примерно до 375 °С, вторая – выше 375 °С, связана с окис-

лением образующегося кокса. К 460 °С наблюдается практически полное его выгорание.

В инертной среде летучие продукты деструкции выделяются с замедленной скоростью. К 400 °С стадия разложения древесины с образованием коксового остатка практически завершается, и далее при повышении температуры происходит трансформация структуры кокса почти с постоянной скоростью вплоть до 600–700 °С. Напуск потока воздуха в реактор при 500 °С приводит к окислению кокса и полной потере массы образца. Обращает на себя внимание наличие при пиролизе древесины скрытого ДТГ пика, наиболее выраженного у образцов лиственной породы и, в частности, у древесины кеолай (рис. 2).

Это может служить указанием на то, что в реакциях разложения вначале принимают участие наименее термостабильные химические компоненты древесины.

В целом термограммы (ТГ и ДТГ кривые) разных пород древесины, полученные при комплексном анализе со сменой инертной атмосферы при 500 °С на окислительную, имеют одинаковый вид, но отличаются по значениям основных термических показателей:

- % потери массы в результате испарения влаги в диапазоне температур от 30 до 150 °С, W_{H_2O} ;
- экстраполированной температуре начала разложения, $T_{нр}$, °С;
- максимальной скорости потери массы, V_{max} , %/мин;
- температуре, соответствующей максимальной скорости потери массы, T_{max} , °С;
- выходу коксового остатка при 500 °С, KO , %;
- максимальной скорости окисления кокса, $СКО$, %/мин;
- зольному остатку при 600 °С, $ЗО$, %.

В табл. 1 представлены результаты определения термоаналитических характеристик исследуемых образцов древесины.

В этой же таблице даны показатели скрытого ДТГ пика: максимальные значения температуры и соответствующие ей скорости разложения древесины, $T_{мак1}$ и $V_{мак1}$.

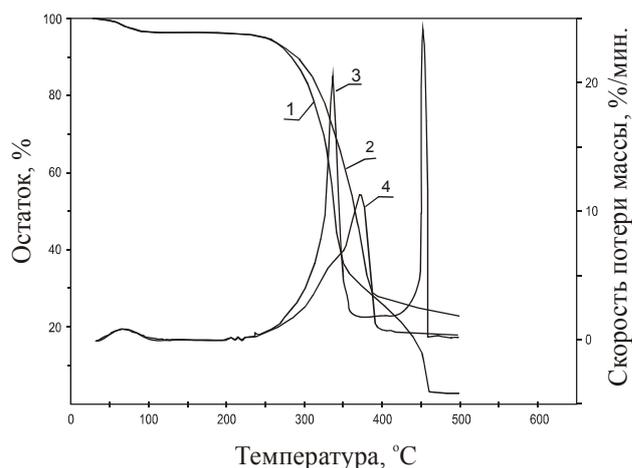


Рис. 1. ТГ (1, 2) и ДТГ (3, 4) кривые древесины ваншам: 1, 3 – в атмосфере воздуха; 2, 4 – в атмосфере азота (скорость нагрева 10 °С/мин)

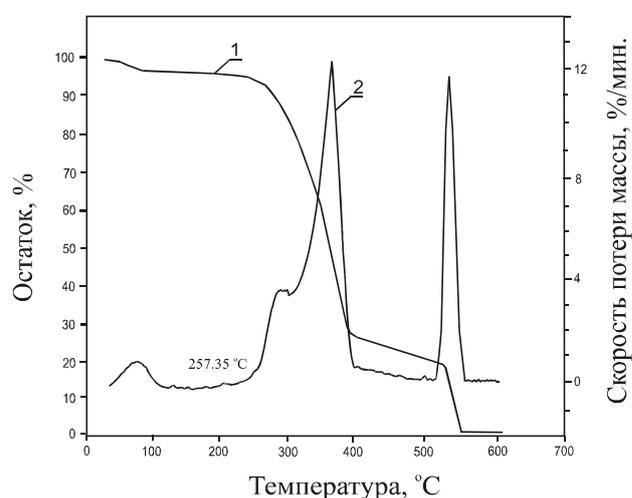


Рис. 2. ТГ (1) и ДТГ (2) кривые древесины кеолай при комплексном анализе

Как видно из табл. 1, более высокие экстраполированные значения температуры начала разложения характерны для хвойных пород древесины. Однако, если принять за начало выделения летучих продуктов температуру, соответствующую по кривой ДТГ скорости потери массы 0,1 %/мин, то оказывается, что она для всех пород древесины практически одинакова (210–211 °С) и не зависит от вида окружающей среды (инертной или окислительной).

В это же время регистрируется начальное выделение горючих газов. На рис. 3 (А, Б) приведены кривые ДСК древесины ваншам, снятые на воздухе и в азоте.

Результаты комплексного термического анализа древесины при скорости нагрева 10 град/мин

Показатель	Образец древесины				
	Ваншам	Тхонг-карибэ	Бачдан	Кеолай	Кеотай-тыонь
Интервал 30-150 °С WH ₂ O, %	3,78	4,09	3,85	4,82	5,17
V_{\max} , %/мин	0,81	0,79	0,81	1,02	0,99
T_{\max} , °С	79	75	73	69	66
Интервал 150-600 °С $T_{\text{пр}}$, °С	275	277	246	257	248
$T_{\max 1} / T_{\max 2}$, °С	333/375	322/369	294/362	297/371	300/359
$V_{\max 1} / V_{\max 2}$, %/мин	4,8/11,23	4,0/10,5	3,0/9,59	3,27/12,4	3,05/9,67
КО, %	22,4	21,8	27,5	20,2	22,3
СОК, %/мин	11,8	11,1	11,1	11,7	11,04
ЗО, %	1,04	0,55	2,9	0,7	0,76

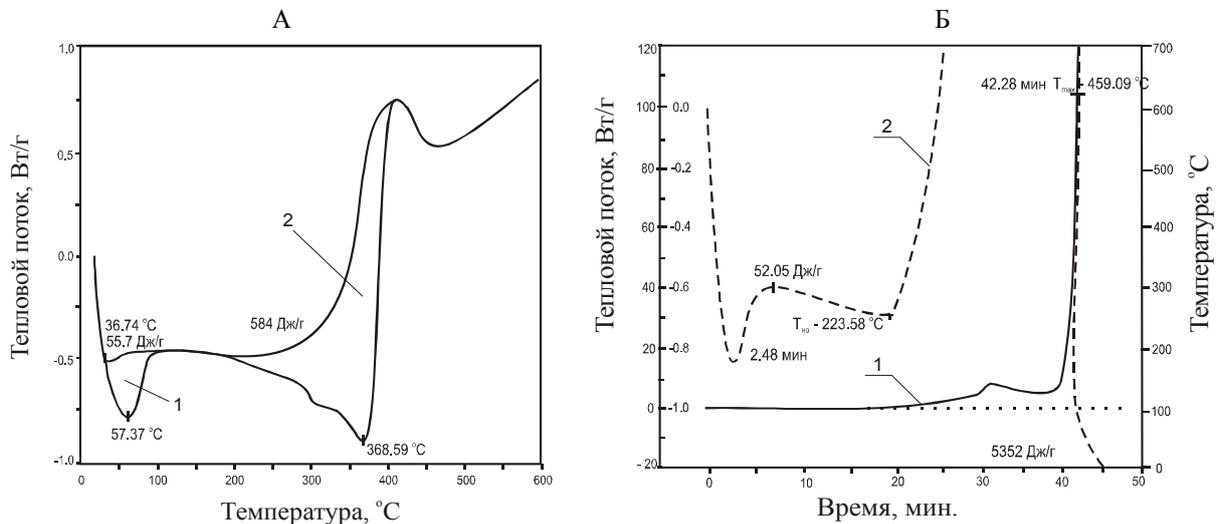


Рис. 3. ДСК кривые древесины ваншам в потоке азота (А: 1 – потеря влаги; 2 – основной пик деструкции) и воздуха (Б): 1 – масштаб 1:1; 2 – масштаб 10:1

Анализ кривых ДСК показывает, что процесс разложения в окислительной среде является экзотермическим, начинается при температуре 224 °С, проявляет двустадийный характер и сопровождается общим выделением тепла к 460 °С в количестве 5352 Дж/г. При нагревании в инертной среде вплоть до 400 °С разложение древесины протекает с поглощением тепла. Теплота пиролиза древесины в интервале 200–400 °С составляет 584 Дж/г. При этом теплота, затрачиваемая на выделение летучих продуктов в интервале 200–275 °С, составляет всего 58,7 Дж/г. Можно полагать, что по крайней мере начальную убыль массы сухой

древесины (~2 %) следует отнести к испарению части экстрагируемых веществ.

Известно, что экстрагируемые вещества и гемицеллюлоза (пентозаны и гексозаны) менее термостабильны по сравнению с целлюлозой и тем более с лигнином. Целлюлоза и лигнин при пиролизе вносят наибольший вклад в образование карбонизованного остатка [5, 6].

По-видимому, соотношение между содержанием экстрагируемых веществ и гемицеллюлозы в составе древесины определяет высоту скрытого ДТГ пика, т.е. скорость потери массы, а также положение максимума этого пика (табл. 1). Потери

массы за счет экстрагируемых веществ растягиваются на широкий интервал температур. Выделяющиеся продукты в значительной степени влияют на дымообразование в газовой фазе при горении древесины [2]. Из-за повышенного содержания гемицеллюлозы снижается температура, соответствующая максимальной скорости разложения, T_{max1} , а также высота скрытого ДТГ пика, V_{max1} , у древесины лиственных пород. Последний показатель связан с участием гемицеллюлозы в образовании нелетучего остатка.

Основной пик ДТГ отражает процессы, обусловленные, главным образом, разложением целлюлозы и лигнина.

Расчет кинетических параметров разложения, по данным динамической термогравиметрии, ТГА, базируется на уравнении: α

$$\delta\alpha/\delta T = (k/\beta)f(\alpha), \quad (1)$$

где α – доля прореагировавшего вещества (степень превращения);

β – скорость нагрева;

k – константа скорости разложения:
 $k = A \exp(-E/RT)$;

A и E – предэкспоненциальный множитель и энергия активации;

$f(\alpha)$ – функция, которая отражает формальный механизм разложения, т.е. индивидуальный закон скорости процесса разложения в зависимости от степени превращения вещества.

Доля прореагировавшего вещества по ТГ кривой

$$\alpha = (W_0 - W_t)/(W_0 - W_k),$$

где W_0 , W_t , W_k – вес образца в начальный период, в момент t и в конце анализируемого периода соответственно.

Разделение переменных по α и T приводит к уравнению

$$\delta\alpha/f(\alpha) = (A/\beta)\varepsilon\xi\pi(-E/PT) \delta T. \quad (2)$$

Интеграл левой части уравнения обозначают как функцию $g(\alpha)$. Этот интеграл имеет точное решение для установленных в настоящее время 18 кинетических функциональных зависимостей $f(\alpha)$. Все они могут быть подразделены на 4 группы по механизму, контролирующему кинетику гетеро-

генного процесса термического превращения вещества [4, 7]: 1) диффузии (D); 2) реакции на границе раздела фаз (B); 3) образование и рост зародышей (R); 4) химические реакции со степенным законом изменения степени превращения (P).

Интегрирование правой части уравнения (2) представляет значительные трудности. Предложены различные приближенные решения [7].

В настоящей работе при расчете кинетических параметров разложения древесины использована аппроксимация Горбачева [4], в частности, уравнение

$$\chi(\alpha) = \{A\beta T^2/\beta(E + 2PT)\} \varepsilon\xi\pi(-E/PT). \quad (3)$$

Для реалистичного описания динамики разложения древесины при разных скоростях нагрева важно выявить формальный механизм процесса, т.е. функцию $g(\alpha)$ и определить порядок реакции. С этой целью применен метод обработки ДТГ кривых, основанный на анализе значений приведенной скорости разложения в зависимости от α . Показано [8], что приведенная скорость, отнесенная ко времени полупревращения вещества $\alpha = 0,5 (T/T_{0,5})^2 (d\alpha/dt) / (d\alpha/dt)_{0,5}$, не зависит от кинетических параметров и скорости нагрева, а зависит только от механизма реакции разложения. Так как при $\alpha = 0,5$ величина $(T/T_{0,5})^2$ близка к 1, приведенная скорость может быть определена по ДТГ кривой по соотношению расстояний соответствующих точек от базовой линии.

В работе [4] даны табулированные значения приведенных скоростей при $\alpha = 0,75$ и $\alpha = 0,8$, а также значения α , соответствующие максимальной приведенной скорости, которые имеют диагностический характер для выявления механизма процесса разложения веществ.

Указанный подход к анализу ТГ и основного пика ДТГ кривых при термическом разложении древесины тропических пород в интервале 200–500 °С позволил выявить вид функции $g(\alpha)$. Порядок реакции, n , оценивали по фактору формы ДТГ пика, S , [7]: $n = 1,26 S^{1/2}$. Полученные результаты сведены в табл. 2.

За исключением хвойной породы древесины ваншам формальный механизм термического разложения образцов древесины в исследуемом интервале температур соответствует механизму, контролируемому нуклеацией по закону случая и ростом зародышей. Табулированные значения $\alpha_{\text{макс}}$ и приведенной скорости при степенях превращения 0,75 и 0,8 равны в этом случае 0,63; 1,00 и 0,93 соответственно [4]. Механизм термического разложения древесины ваншам при сравнении экспериментальных данных с табулированными характеристиками следует отнести к механизму, контролируемому реакциями на границе раздела фаз. Как видно из таблицы 2, порядок реакции разложения для всех образцов практически равен 1.

Уравнение (3) в логарифмической форме из графической зависимости $\lg [g(\alpha)/T^2]$ от $1/T$ дает возможность определить кинетические параметры разложения древесины (табл. 3).

При одинаковом первом порядке реакции изменение R типа механизма разложения у хвойных пород древесины на B тип сопровождается ожидаемым уменьшением энергии активации почти в 1,5 раза. Причина

различного формального механизма высокотемпературного термического разложения у двух хвойных пород древесины остается неясной. Может быть, это связано с изменениями морфологической структуры древесины после первой стадии разложения, относящейся к скрытому пику на ДТГ кривых.

На примере древесины кеолай видно, что с увеличением степени разложения возрастает энергия активации процесса. Особенно это заметно в случае термоокислительной деструкции разных пород древесины. Кинетические параметры термоокислительного разложения древесины, полученные при нагревании образцов со скоростью 5–20 град/мин при степени разложения 20 %, являются достаточно близкими для разных пород (табл. 4). Однако, с увеличением степени превращения до 0,6 значения $E_{\text{эфф}}$ возрастают, особенно существенно при термоокислительном разложении древесины лиственных пород (рис. 4).

Более высокие значения энергии активации термоокислительного разложения древесины по сравнению с кинетическими параметрами термического разложения обусловлены другим типом формального механизма процесса.

Т а б л и ц а 2

Экспериментальные значения приведенной скорости и $\alpha_{\text{макс}}$ при термическом разложении древесины тропических пород

Показатель	Тхонгкарибэ	Ваншам	Бачдан	Кеотайтыонь	Кеолай
$\alpha_{\text{макс}}$	0,626	0,754	0,633	0,624	0,64
$V_{0,75} / V_{0,5}$	1,007	1,209	1,015	1,002	1,005
$V_{0,8} / V_{0,5}$	0,932	1,13	0,933	0,939	-
n	0,940	0,928	1,01	1,108	0,963

Т а б л и ц а 3

Кинетические параметры термического разложения древесины

Образец	Интервал ΔT , °C	α	Механизм, вид $g(\alpha)$	E , Дж/моль	$\lg A$, (мин ⁻¹)	n
Тхонгкарибэ	342–384	0,35–089	R $[-\ln(1-\alpha)]^n$	119510	9,380	1
Ваншам	339–386	0,35–089	B $1-(1-\alpha)^n$	70513	4,936	1
Бачдан	334–450	0,38–0,96	R $[-\ln(1-\alpha)]^n$	105170	8,272	1
Кеотайтыонь	328–380	0,4–0,9	R $[-\ln(1-\alpha)]^n$	109570	8,662	1
Кеолай	337–353 353–367	< 0,47 < 0,87	R $[-\ln(1-\alpha)]^n$	70200 159300	5,058 12,774	1 1

Кинетические параметры термоокислительного разложения древесины при $\alpha=20\%$

Образец	$E_{эфф.}$, кДж/ моль	lgA , (мин ⁻¹)	n
Тхонгкарибэ	164,0	13,97	1
Ваншам	159,6	13,60	1
Бачдан	164,7	14,48	1
Кеотайтыонь	166,8	14,73	1
Кеолай	163,7	14,24	1

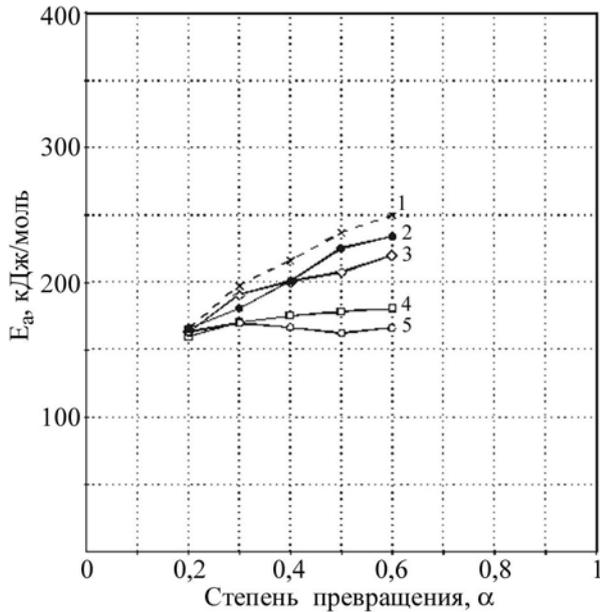


Рис. 4. Зависимость энергии активации (E_a) от степени превращения (α) различных пород: 1 – береза; 2 – кеотайтыонь; 3 – кеолай; 4 – ваншам; 5 – тхонгкарибэ

Анализ кривых ДТГ образца тхонгкарибэ показывает, что разложение в окислительной среде носит черты диффузионно-контролируемого процесса. Наблюдаемое значительное увеличение $E_{эфф}$ при больших степенях разложения древесины лиственных пород отражает вклад энергетики окисления коксового остатка.

Заключение

Методами термического анализа (ТГ, ДТГ, ДСК, динамики выделения горючих газов) изучены макрокинетические закономерности термического и термоокислительного разложения 5 образцов древесины тропических пород Вьетнама в интервале температур 150–600 °С. Установлено, что пиролиз древесины протекает с поглощением тепла, тогда как термоокислительный процесс

является экзотермическим. При разложении хвойных и лиственных пород в атмосфере азота выявлена стадия, температурные характеристики которой связаны с относительным содержанием в составе древесины экстрагируемых веществ и гемицеллюлозы. Определены эффективные кинетические параметры разложения древесины в разных средах. Показано, что на основной стадии пиролиз древесины протекает для большинства образцов по механизму образования и роста зародышей. В окислительной среде механизм разложения древесины носит черты диффузионно-контролируемого процесса.

Библиографический список

1. Серков Б.Б., Сивенков А.Б., Тхань Б.Д., Асеева Р.М. Тепловыделение при горении древесины // Лесной вестник. Издательство МГУЛ. – 2003. – № 5 (30). – С. 74–79
2. Серков Б.Б., Сивенков А.Б., Тхань Б.Д., Асеева Р.М. Выделение дыма при термическом разложении и горении древесины // Лесной вестник. Издательство МГУЛ. – 2004. – № 2(30). – С. 99–103
3. Серков Б.Б., Сивенков А.Б., Тхань Б.Д., Асеева Р.М. Исследование токсичности продуктов горения древесины различных пород // Лесной вестник. Издательство МГУЛ.– 2004. – № 5(36). – С. 145-150.
4. Rogers F.E., Ohlemiller T.J., Pyrolysis Kinetics of a Polyurethane Foam by Thermogravimetry; A General Kinetic Method., J.Macromol.Sci.-Chem., 1981, v.A15, N1,pp 169–185
5. Roberts A.F. A Review of Kinetics Data for the Pyrolysis of Wood and Related Substances, Combustion and Flame 1970, v.14, p. 261–272
6. Parker W.J., Le Van S.L., Kinetic Properties of the Components of Douglas-fir and the heat of Combustion of their Volatile Pyrolysis Products, Wood and Fire Sci, 1989, v.21, N3, p 289–305
7. Шестак Я. Теория термического анализа. – М.: Мир, 1987. – 456 с.
8. Criado J.M. Kinetic Analysis of DTG data from master curves, Thermochimica Acta, 1878, v.24, p. 186–189.

КОНСЕРВАЦИЯ ДРЕВЕСИНЫ – ОДИН ИЗ МЕТОДОВ СОХРАНЕНИЯ ЛЕСНОГО БОГАТСТВА СТРАНЫ

А.Д. НЕКЛЮДОВ, *проф., зав. каф. химии и биотехнологии ЛК МГУЛ, д-р. хим. наук,*
А.Н. ИВАНКИН, *проф. каф. химии и биотехнологии ЛК МГУЛ, д-р. хим. наук*

Известно, что леса являются главным аккумулятором кислорода на нашей планете. Их ежегодное уничтожение может привести в конце концов к тому, что воздух будет таким же источником торговли, как продукты питания и как, в какой-то мере, уже стала чистая питьевая вода.

Хорошо известно также, что лесной покров является одним из самых эффективных средств защиты почвы от эрозии, удержания почвенной влаги и обеспечения растений питательными веществами.

Леса вырубаются по трем основным причинам: 1) освоение новых территорий под сельское хозяйство; 2) получение топлива для приготовления пищи и обогрева; 3) получение древесины для строительства, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности [1].

К сожалению, первую причину вырубки леса устранить весьма сложно из-за увеличения численности роста населения планеты и связанное с этим увеличение объема посевных культур. Правда, в определенной степени, увеличения посевных площадей можно частично достичь и за счет уменьшения эрозии почвы [1]. Полное устранение второй причины, по-видимому, станет возможным только при создании новых дешевых источников энергии [2]. Иначе обстоит дело с третьей причиной вырубки лесов, которую можно существенно уменьшить при более бережном отношении человечества к лесным массивам. В частности, к тому огромному количеству древесины, которое погибает в настоящее время как за счет своего гниения, так из-за небрежного отношения потребителей к лесному богатству страны.

В предлагаемом обзоре сделана попытка ознакомить читателя с результатами исследований, опубликованными за послед-

ние 10–12 лет и посвященными получению новых или модификации уже известных консервантов для древесины, а также приемам для их использования.

Учитывая, что за указанное время предложено несколько десятков консервантов для древесины самой различной химической структуры, описание которых потребовало бы написания целой монографии, в представленном обзоре решено было остановиться на наиболее известных консервантах древесины и их модификациях.

Консерванты на основе нефти и продуктов ее переработки

Одними из самых распространенных консервантов древесины, которые используются уже в течение нескольких столетий, являются консерванты на основе нефти и продуктов ее переработки [3,4].

Например, в одном из сравнительно недавно опубликованных обзоров показаны **роль и свойства креозота** как давно известного консерванта для древесины и древесных изделий. Дана краткая история использования креозота в консервации древесных изделий, а также способы его применения. Обсуждается эффективность его применения в настоящее время и перспективы дальнейшего применения в XXI веке [5].

Показана эффективность защиты древесины от гнили и насекомых смесью угольного дегтярного масла (ч./100 ч. древесины): 5–90, биоцидами в виде четвертичных соединений аммония 2–20 и воды 10–90. Например, обработка под давлением пихтовой древесины смесью угольного дегтярного масла 40, ацетата алкилбензилдиметиламмония 8, эфира фенола и нонановой кислоты 4, бутил-(ОСН₂СН₂)ОН 10 и воды 38 масс. ч. приводит к повышению устойчи-

ности такой древесины против гниения, которая в 1,3 раза выше по сравнению с древесиной, обработанной одним угольным дегтярным маслом [6].

Консервация древесины боратом цинка. Предлагается также консервировать древесину путем обработки ее дисперсией, содержащей парафин, полученный после переработки угля, и боратом цинка [7].

Консерванты для древесины на основе солей и комплексов металлов с переходной валентностью

Консерванты для древесины и древесных изделий на основе комплексов переходных металлов, таких как медь, цинк, мышьяк и пр. вместе с другими компонентами известны с давних времен. Однако в последнее время созданы принципиально новые композиции из этих и им подобных металлов и металлоидов, которые обладают существенно более высокой антибактерицидной, антигнилостной, антиплесневой активностями, а также обладают высокой активностью против различных групп насекомых, и в первую очередь против муравьев и термитов.

На примере интактной сосновой древесины и древесины, частично подверженной гниению за счет развития на ней грибов, были изучены консервирующие свойства водных аммиачных растворов *Cu* (II), *Cr* (VI), *Cr* (III), *F* и *B*.

Было показано, что у древесины, частично подверженной действию плесневых грибов, фиксация консервантов снижается по сравнению с интактной древесиной в следующей последовательности: *F* – на 16–26 %, затем *Cr* (VI) и *Cr* (III) на 10–30 % как для водных, так и аммонийный растворов. Дальше идут все остальные растворы \geq 35–40 %. (Были изучены растворы, содержащие *Cu/Cr/BF*, *Cu/BF*, *Cr/BF*). Для защиты сосновой древесины от дальнейшей ее порчи плесневыми грибами или «голубой» гнилью рекомендуется увеличить дозы все консервантов, как в водных, так и в аммиачных растворах в 1,5–2 раза по сравнению с дозами этих консервантов, предназначенных для

интактной древесины. Так, для растворов *Cu/BF*, *Cu/Cr/BF* были использованы дозы 450–300 кг/м³ при давлении 48–33 МПа [8].

Консерванты для древесины, которые обладают синергетической противогрибковой активностью и состоят из биологически активных металлических комплексов, включающих *Cu*, *Al*, *Mn*, *Fe*, *Co*, *Ni*, *Zn*, *Ag*, *Cd*, *Sn*, *Hg*, *Pb* и *Bi*, были получены в виде раствора смешиванием *CuSO₄·5H₂O* – 1,18; молочной кислоты – 2,13; *NaNO₂* – 1,31; борной кислоты – 0,79; экстрактов из растений типа танина – 1,12, эмульгатора – 0,08 и воды 93,2 % [9].

Раствор металлических солей может быть хорошим консервантом для древесины и других подобных материалов в сочетании с солями азотистой кислоты. Предложена рецептура раствора, содержащего ацетат меди – 1,2 %; ацетат цинка – 0,4 % и нитрат натрия – 0,8 % [10].

Эффективный водорастворимый консервант для древесины состоит из смеси $(NH_4)_2Cr_2O_7$ 0–12 %, *CrO₃* и/или хромовой кислоты в пересчете на *CrO₃* 10–25 %, основного карбоната меди с одной или более гидроксильной группой и/или оксида меди 1–4 %, и/или основного карбоната цинка с одной или более *OH*-группами, и/или *ZnO* 1–4 %, $(NH_4)_2SiF_6$ или эквивалентного количества *H₂SiF₆* и аммонийного компонента 7–11,5 %, а также, в случае необходимости, любого ингибитора коррозии 0,2 % и воды – до 100 % [11].

Метод консервации древесины соединениями, содержащими медь, хром и мышьяк предлагается использовать для консервации многих лесоматериалов в виде их водорастворимых солей или комплексных соединений с добавками оксиалкильного полимера, например полиэтиленгликоля, который улучшает удержание и распределение консервантов в древесине [12].

Водоустойчивый консервант для древесины, содержащий медь. Предложено использовать в качестве консерванта водоустойчивую смесь для древесины, содержащую 0,5–10 масс.ч. меди в виде аммонийного или аминоксодержащего комплекса, 2–120 масс.ч. бората натрия и/или *NaF* на 1 масс.ч. меди или 0,5–15 частей загустителя в виде

смолы/1 масс.ч. меди. Натриевая соль бора улучшает проникновение консерванта в глубь древесины [13].

Было изучено вымывание дождевой водой солей *As*, *Cu* и *Cr*, которые используются в качестве консервантов для древесины. Для анализа была использована ионообменная хроматография экстрактов из самой древесины и из древесины, обработанной консервантами с последующим применением плазменно-адсорбционного спектрофотометра *ICP-AES*. Эксперименты проводились в различное время года и при различных значениях *pH*. Результаты исследований экстрактов показали, что наиболее мелкие, легко доступные фракции солей вымываются дождевой водой, тогда как наиболее крупные, так называемые тяжелые фракции, остаются в древесине [14].

Импрегнирование фанеры консервантами в процессе их приготовления осуществлялось консервантом, состоящим из кислых солей меди, хрома и/или мышьяка или из солей аммония, содержащих ионы *Cu*, *H₃AsO₄*, *H₃BO₃* и/или каприловой кислоты. После пропитки листы фанеры высушивались и использовались по назначению [15].

Для увеличения адгезии и консервации фанеры предлагается способ обработки клееной фанеры 5 консервантами: кислым хроматом меди (I), арсенат-хроматом меди (II), борной кислотой, бораксом и фенольной смолой в качестве адгезивного материала. При сравнении такой фанеры с фанерой без адгезивного материала установлено, что все консерванты оказывают адгезивное и антимикробное действие на однослойную фанеру после ее обработки [16].

Предложен также метод консервации фанеры и других видов древесины, например, панелей, путем их пропитки консервантами древесины таким образом, чтобы катионный консервант I, например поликарбонная кислота, располагался на одной стороне материала, а анионный компонент – на другой, например, соли гуанидина. После пропитки требуется время для выдерживания древесных изделий для получения неразстворимого реакционного продукта. В результате такого метода консервации существ-

венно улучшается качество пропитки изделий срок и годности изделия [17].

Импрегнирование фанеры консервантами в процессе их приготовления. Древесные листы фанеры пропитывались в процессе и приготовления консервантом, состоящим из кислых солей меди, хрома и/или мышьяка или из солей аммония, содержащих ионы *Cu*, *H₃AsO₄*, *H₃BO₃* и/или каприловой кислоты. После пропитки листы фанеры высушивались и использовались по назначению. Показано увеличение срока годности фанеры после такой обработки [18].

Среди известных консервантов, содержащих металлы с переходной валентностью, особенно интересны те, которые хорошо растворимы в водных растворах и тем самым проникают глубоко внутрь древесины. В качестве такого консерванта может быть использован консервант, уже описанный в работе [11].

Влияние смачивания, пропаривания и импрегнирования путем введения в сосновую древесину солей, содержащих *B*, *Cr* и *Cu*, (ССВ), описано в нижеследующей работе. Так, сосновая древесина в виде бревен (длина 1,2 м, диаметр 14–20 см) или брусьев (длина 1,25 м, ширина 5 см и толщина 7 см) пропитывалась 2 %-м водным раствором ССВ до или после их обработки пропариванием или искусственным введением. Каждая предварительная обработка вызывала значительное увеличение в удерживании солей и в размерах импрегнированного участка как в бревнах, так и в брусках. Наиболее эффективной процедурой было введение консерванта внутрь путем искусственного введения в древесину, например, сверлением, совместно с консервантом, в результате чего происходило полное пропитывание мокрых или высушенных древесных изделий ССВ. Между смачиванием и пропариванием изделий раствором ССВ была относительно небольшая разница, но удовлетворительное проникновение ССВ в древесину происходило только после ее 3-х кратного замачивания в растворе ССВ [19].

Композиция для консервирования древесины. Консервант для обработки дерева, деревянных изделий и пр. включает в се-

бя *Cu* в виде солей и, в силу необходимости, также соли *Zn*, слабую органическую кислоту и химический стабилизатор, выбранный из аммонийной соли слабой органической кислоты, или смесь аммонийной соли, соли щелочного металла и слабой органической кислоты, нитрита, например в виде $NaNO_2$, взятого в количестве 0,1–1 ч. на 1 ч. соли меди или цинка, пересчитанных на ацетаты этих солей. Раствор имеет pH 5,2–6,2 и содержит $\geq 0,2\%$ (вес) солей аммония или щелочного металла и слабой органической кислоты. Консервант хорошо фиксируется в древесине и имеет низкую вымываемость. Так, консервант был приготовлен (кг): из дигидрата ацетата цинка 17, моногидрата ацетата меди 57, ацетата аммония 7, ацетата натрия 2, борной кислоты 3 и нитрита натрия 14. Вся полученная смесь растворялась в воде, взятой в таком количестве, чтобы в результате получился 2,2–2,5 %-й раствор. Раствор имеет pH 5,8 и абсолютно безопасен при применении [20].

Антитермитные и антиинсектицидные агенты для древесины. Сравнительно недавно предложены антитермитные и антиинсектицидные консерванты для древесины, которые не причиняют вреда окружающей среде. Реагенты содержат компоненты *Ni* в виде солей $Ni(OAc)_2$, $NiCl_2$ и $NiSO_4$. Реагенты вводятся внутрь древесины [21].

Консерванты, содержащие металлы и органические компоненты

Исследования, проведенные за последние десятилетия, показали, что консервирующее действие переходных металлов и их проникновение внутрь древесины может быть улучшено при их совместном использовании с органическими компонентами различной химической структуры.

Изучение взаимосвязи между содержанием влаги, химическим разрушением, распределением консервантов в древесине и содержанием влаги в брусках, пропитанных аммонийными комплексами, содержащими медь и четвертичные аммонийные основания с органическими заместителями, свидетельствовало о заметном влиянии на соотноше-

ние между медью и хлоридом дидецилдиметиламмония в растворе, используемом для обработки древесины. Проникновение катионов меди в сосновую древесину оказалось тесно связанным со значением pH системы и концентрации хлорида дидецилдиметиламмония. Процесс консервации также сильно зависел от способности компонентов к выщелачиванию, влажности как самой древесины, так и окружающего воздуха и контакта древесины с почвой, а также от токсичности анионного компонента [22].

Были сделаны также попытки объяснить механизм действия консервантов, содержащих медные соли некоторых жирных кислот. Известно, что ненасыщенные жирные кислоты, содержащие медь в карбоксильных группах, например в растительных маслах, синтетические полимеры, полученные из ненасыщенных полиэфиров, некоторые полимерные кислоты и канифоли нетоксичны и широко используются в качестве консервантов для древесины. Наблюдение в течение 25 лет за антимицробной и противогрибковой активностями свидетельствуют о длительном консервирующем эффекте этих соединений для древесины. Выдвинуто предположение об их механизме действия, заключающемся в фиксации реакций, вызванных трехступенчатым радикальным механизмом за счет, во-первых, самополимеризации по реакциям с $C=C$ двойными связями лигнина, а также по реакциям с ароматическими ядрами лигнина. Определены механизмы и константы скорости этих реакций. Механизм и константы скоростей фиксации реализуются при окружающей температуре, но скорости процесса могут быть увеличены за счет выбора оптимальной температуры или использования комплексов радикальной ионизации при окружающей температуре, например редокс-комплексов или УФ-облучения. Показано, что Cu^{2+} обладает бактерицидным действием, хотя система эффективна и с другими биоцидами. Cu^{2+} входит в молекулу консервантов за счет образования ее солей с гидроксильными группами органических консервантов. Эти соли образуются за счет образования ионных свя-

зей, которые, как известно, сильнее связей координационного типа. Биоцидный механизм действия консервантов, содержащих медь в своей молекуле, основан на освобождении из солей Cu^{2+} за счет гидролиза этих солей при влажных или супервлажных условиях. Эти связи возникают вновь при высушивании изделий, т. е. биоциды проявляют свое действие при влажных условиях и фиксированы при более сухих [23].

Дальнейшее исследование механизма действия таких консервантов показало, что медные мыла из ненасыщенных жирных кислот, полимерных кислот и синтетических ненасыщенных полиэфиров являются нетоксичными и эффективными консервантами. Медные соли эффективны при операционной нагрузке 10 кг/м^3 консерванта и более в пересчете на сухой вес древесины. Они недороги и также эффективны при использовании системы органических и водных растворителей. В качестве ненасыщенных жирных кислот обычно используются жирные кислоты, полученные из масла подсолнечника. Показаны результаты многолетних исследований подобных консервантов для древесины, обладающих противогрибковой и противотермитной активностями [24].

По-видимому, эти сообщения послужили основанием для получения комплексов и солей металлов с органическими соединениями различной химической структуры.

Так, был предложен консервант для таких изделий из древесины, как жерди, подоконники, столбы и пр., состоящий из нафтената меди – 20 %, вазелина – 65,5 %, металлической соли углерода – 8 %, минеральной отдушки – 5 % и поверхностно-активного вещества типа тритона X-100 – 1,5 % или антимикробный консервант для древесины и изделий из нее, содержащий медную соль гидразида дикарбоновых кислот, например, медную соль гидразида малоновой кислоты [25].

Вместо соединений меди, в случае необходимости, может быть также использован для покрытия древесины и изделий из нее консервант, состоящий из соли тиосульфата серебра, нанесенного на силикагель с

последующим высушиванием и покрытием поверхности древесины этим консервантом в спиртовом растворе $\text{Si}(\text{OEt})_4$ [26].

Предложен и пастообразный консервант для древесины, который содержит смесь 10–90 % (масс.) диспергированного в воде нафтилата меди и 90–10 % (масс.) боракса. Этой пастой можно покрывать не только дерево, но и бумагу. В результате обработки все изделия хорошо сохранялись от гниения и насекомых в течение 4-х лет [27].

Диметилдитиокарбомат меди и диметилдитиокарбомат натрия оказались также эффективными консервантом для древесины. Результаты многолетнего изучения эффективности консерванта для сосновой древесины, состоящего из смеси медной и натриевой солей диметилдитиокарбомата, взятых в соотношении 1:2, показали, что после 23-летнего периода использования этого консерванта, соотношение между двумя компонентами стало равным 1:1, причем содержание меди и серы в древесине оставалось таким же, как и в свежеработанном материале. Высказано предположение, что бидентатная форма медной соли переходит с течением времени в монодентатную форму и прочно связывается с волокнами древесины [28].

Консервант для древесины, содержащий цинковую соль 8-оксихинолина, обладающий антисептическим и антимикробным действием, содержит в своем составе 0,4–20 % водорастворимой кислоты и 0,2–10 % цинковой соли 8-оксихинолина. Таким консервантом, может быть, например, водный раствор, содержащий 1 % цинковой соли 8-оксихинолина и 1,3 % малеиновой кислоты. Время действия такого консерванта свыше 8 месяцев [29].

Консерванты древесины из боратов аминов, обладающих антитермитными и антиинсектицидными свойствами. Нетоксичный консервант для древесины, обладающий антитермитными и антиинсектицидными свойствами, состоит из $\text{RNMe}_2\text{-HB}_5\text{O}_8$ ($R = \text{C}_{8-20}$ - алкил) или его гидролизата, как активного ингредиента. Так, обработка лаурилдиметиламина H_3BO_3 в воде при 40°C

в течение 30 мин приводит к образованию 100 % соединения общей формулой $C_{12}H_{25}NMe_2NB_5O_8$, которым пропитывается древесина и которое защищает ее от грибов и бактерий [30].

Использование комплекса меди с танином в качестве консерванта для древесины. Изучены эффективности танина, полученного экстракцией из мимозы, химически модифицированного танина и комплекса танина с медной солью как консервантов для древесины. Показано, что химически модифицированные танины обладают более высокой эффективностью по сравнению с одним танином. Например, резорцинированные и пирокатехининовые производные танина являются сильными ингибиторами грибковых культур белой и бурой гнили. Один танин также ингибирует рост этих культур, но в существенно меньшей степени. Наиболее сильным ингибирующим противогрибковым действием, даже после частичного выщелачивания под действием осадков, обладает раствор танина или его химических производных с $CuCl_2$ и NH_3 , который может с успехом использоваться для пропитки древесных изделий [31].

Предлагается также консервирующая смесь для пропитки или покрытия древесных материалов с сильными антибактериальными свойствами, состоящая из этаноламина 1,2 г, пирогаллола 0,25 г, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 2,5 г и полифенолоксидазы 0,004 г, растворенных в воде [32].

Консерванты для древесины, содержащие соли ненасыщенных дикарбоновых кислот с переходными металлами. Предложены консерванты для древесины с повышенной устойчивостью, содержащие соль ненасыщенной дикарбоновой кислоты и переходного металла групп VIII, IB или IIB периодической системы, и аммоний или водорастворимый амин. Эти консерванты в виде водных растворов совершенно безопасны. Так, 117,6 г ангидрида малеиновой кислоты растворяли в 750 мл воды, раствор нагревали до 70 °С и добавляли к нему 110,6 г основного карбоната меди ($CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$, содержащий 57,5 % меди) при пе-

ремешивании. Полученный голубой раствор перемешивали еще в течение часа, после чего из него выкристаллизовывались желто-зеленые кристаллы. К реакционной смеси, не выделяя кристаллов, добавляли 200 мл моноэтаноламина, в результате чего выпавшие кристаллы растворялись, и получался голубой раствор, имеющий значения pH 10,0 и содержащий 5,7 % меди. Раствор разбавляли до содержания меди 0,6 % и этим раствором пропитывали древесину. Импрегнированная древесина обладала высокой устойчивостью к грибкам и плесени по сравнению с древесиной, не обработанной консервантом [33].

Для удержания консервантов древесины, содержащих медь, предлагается использовать 1,2,3-бензотриазол или его производные. Например, древесные материалы, импрегнированные под вакуумом хромарсенатом меди в течение часа, затем высушивали на воздухе в течение 3 дней, затем вновь высушивали на воздухе в течение 4 дней. Выщелачивание меди при погружении древесины, обработанной выше-названными компонентами, после ее высушивания на воздухе в течение 8 часов, составляло 14,1 ppm (мг/кг), тогда как выщелачивание древесины, не обработанной выше-названными компонентами в течение того же времени составляло 98,2 ppm [34].

В качестве консервантов для древесины предложено использовать также сополимеры, полученные эмульсионной сополимеризацией мономеров акриловой кислоты таких, как этилакрилат, акрилонитрил, бутилакрилат, а также одну акриловую кислоту вместе с лигносульфатными комплексами, содержащими железо и хром и сульфат меди [35].

Консерванты и антипирены для древесины. Растворы борной кислоты, частично этерифицированные полиолами, особенно сахарами, после нейтрализации оставшейся борной кислоты избытком основания, оксидами или гидроксидами металлов до pH 6–7, хорошо защищали древесину и изделия из нее от грибов и насекомых и, кроме того, являлись эффективными анти-

перенами. Растворы стабильны, смешиваются с водой и низшими спиртами, нетоксичны по сравнению с другими консервантами, бесцветны и не влияют на окраску древесины. Так, 0,2 ч. ZnO были добавлены к 1,5 ч. раствора 1,0 ч. борной кислоты и 0,8 ч. дульцита $[CH_2OH(CH_2OH)_4CH_2OH]$ в воде. К смеси был также добавлен KOH до pH 8,5; раствор перемешивали 60 мин при $50^\circ C$ и доводили до значения pH 6,0, добавляя H_2SO_4 [36].

Эффективно также использовать для этих целей медную соль гидразида мононозой кислоты [25].

Показано существенное улучшение консервирующих свойств комплексной соли арсената хрома и меди при добавлении к ней хитозана. Изделия из древесины, импрегнированной такой солью, при последующем покрытии ее хитозаном, улучшают свойства этой древесины после проникновения в нее хитозана и делают ее во много раз устойчивее против грибов семейства *Tyromices*, по сравнению с древесиной, пропитанной одной комплексной солью арсената хрома и меди [37].

Эффективным и экономичным методом консервации древесины является добавление индустриального лигнина к растворимым в воде комплексным соединениям $Cu(NH_3)_4^{2+}$, $Zn(NH_3)_4^{2+}$, $Hg(NH_3)_2^{2+}$, к которым добавлено 1–5 % сульфированного лигнина с последующим импрегнированием этого раствора лесоматериалов и других древесных изделий [38].

Применение консерванта для древесины без использования давления. Показано, что лесоматериал, полученный в лесах Аляски, не подвергался действию микроорганизмов в течение 32 лет, если его консервировали следующим образом: вначале вымачивали в холодном растворе пентахлорфенола, затем извлекали и дважды обрабатывали раствором $CuSO_4$ и Na_2CrO_4 , после чего высушивали и использовали по назначению. Древесина, консервированная таким образом, была на 100 % устойчива к любым видам плесени и микроорганизмов [39].

Смесь химикатов для консервации древесины, состоящая из какого-либо переходного металла (Cu , As , Cr), борной кислоты, аминок спирта и производных триазола является эффективным консервантом для древесных материалов, особенно если к ней добавляют фосфорную кислоту и производное фталевой кислоты, например, эфир себадиновой или фумаровой кислот, спирта и эмульгатора типа полиоксиалкилена. Эта смесь легко адсорбируется на поверхности древесины, проникает внутрь нее и защищает ее от гниения в течение длительного времени [40].

Эффективность эмульсий, содержащих нафтенат меди как консервант для древесины. Образцы древесины из дуба или клена обрабатывали водной эмульсией нафтената меди и определяли, какое количество меди должно остаться в древесине, чтобы полностью уберечь ее от гниения.

Различными физико-химическими методами определяли содержание меди внутри древесины. Было показано, что для полного предотвращения гниения в древесине дуба должно быть не менее $4,3 \pm 0,5$ кг/м³ меди, а в древесине клена – $3,2 \pm 0,5$ кг/м³ меди [41].

Изучено влияние паровой обработки на сосновую древесину предварительно обработанную консервантом – нафтенатом меди. Показано, что около 50 % Cu^{2+} восстанавливается при обработке древесины водяным паром в Cu^{1+} , в результате чего в древесине остается 0,31–0,51 % от общего содержания меди в древесине. При общем содержании меди в древесине 0,71 % в Cu^{1+} переходит только 15 % [42].

Предлагается получение водоустойчивого водорастворимого консерванта для древесины, состоящего из аминоэтоксилата жирной кислоты и ненасыщенной жирной кислоты или ее медной или цинковой соли. К смеси может быть также добавлено производное борной кислоты. Так, аминоэтоксилат пальмового масла смешивали с ундециленовой кислотой в равных весовых долях и получали водорастворимую жидкость с pH 7,0. Эффективность консер-

ванта была подтверждена на грибковых культурах, вызывающих разрушение древесины, в частности, на сосновой древесине, где консервант уничтожал все грибные культуры. Консервант был эффективен до и после обработки древесины водой [43].

Эффективна также композиция для консервации древесины, состоящая из (% масс.): хромата калия или натрия 51–22, тетрафторбората калия, натрия или аммония 20,5–60, борной кислоты или боракса 27–13, хлорида или сульфата цинка 1,5–5 [44].

Показана эффективность использования диметил-дитиокарбоната меди в концентрации 4 кг/м^3 считая на медь, для консервации дубовой и кленовой древесины против различных видов грибов и плесеней. В концентрации $4,5\text{--}5 \text{ кг/м}^3$, считая на медь, консервант предотвращает гниение древесины также и от коричневой гнили. Консервант получали следующим образом: $\text{Cu}(\text{OH})_2$ смешивали с 2-этаноломином и затем с диметил-дитиокарбонатом меди [45].

Консерванты древесины, содержащие производные бора

Ранее мы уже упоминали о необходимости включать производные борной кислоты и ее солей в консерванты, содержащие соли переходных металлов. В данном разделе мы остановимся на консервирующем действии как самого бора, так и его производных, без подробного описания уже известного действия переходных металлов.

Так, нетоксичный консервант для древесины, обладающий антиинсектицидными свойствами, состоящий из $\text{RNMe}_2\text{-HB}_5\text{O}_8$ ($R = \text{C}_{8-20}$ алкил) или его гидролизата, как активного ингредиента, уже упоминался ранее [30].

Малотоксичные консерванты и композиции, предохраняющие древесину от воспламенения. Предложена композиция, состоящая из 4–30 ч.масс. Na_2CO_3 , ~ 2 частей бората натрия и воды до 100 %, которая после пропитки древесных изделий защищает их от действия микроорганизмов и одновременно предохраняет древесину от воспламенения [46].

Метил-производные бора как консерванты древесины. Описан процесс обработки древесины или древесных конструкций $\text{B}(\text{OCH}_3)_3$, который реагирует с остатками влаги древесины и превращается в H_3BO_3 , становясь таким образом хорошим консервантом для древесных изделий. Например, применение ~20 г вышеназванного компонента на 1 кг досок обеспечивает удержание в древесине 70 % $\text{B}(\text{OCH}_3)_3$ в течение длительного времени. Процесс прост в исполнении и эффективен в защите древесины от гнилостных грибов и насекомых и может быть использован для многих сортов древесины [47].

Борсодержащие консерванты для древесины и их применение. Вышеназванный процесс протекал путем обработки древесины борсодержащими компонентами, например растворами боратов или борной кислоты, с последующей термообработкой с фенольно-формальдегидным раствором или с полимерами новолакового типа, образующими полифенольные связи. Полученные деревянные изделия, содержащие бор, обладают высокой прочностью, мало подвержены действию микроорганизмов и более устойчивы к огню, чем соответствующие изделия с фенольно-формальдегидными смолами, не содержащие бора [48].

Использование борполимерной системы в качестве консервантов. Поверхности сосновых лесоматериалов (досок) были обработаны H_3BO_4 , содержащую акриловый полимер и водоотталкивающий материал. Обработанная древесина высушивалась при умеренной температуре; при этом не наблюдалась никакого влияния сушки на вышеназванную систему. Высушивание не способствовало проникновению бора вглубь древесины. Однако добавление к H_3BO_4 водоотталкивающего средства существенно улучшало стабильность такой древесины к микроорганизмам, по сравнению с контрольными образцами. Этот факт свидетельствует о том, что использование бора вместе с акриловым полимером, являющимся водоотталкивающим средством, улучшает применение H_3BO_4 как консерванта для древесины [49].

Применение высококонцентрированных растворов неорганических консервантов, содержащих бор, вместе с восками. Древесина обрабатывалась для консервации и предотвращения разрушения высококонцентрированными водными растворами неорганических консервантов, например, содержащих бор, затем эмульгатором, жиром или воском. В результате получалась эмульсия воды в масле (в/м). Образцы влажной сосны с зеленью были обработаны эпоксидной смолой для предотвращения адсорбции на них исследуемых материалов. Затем образцы древесины были погружены в концентрированный раствор тетрагидрата динатриевой соли октобората, после чего эмульсифицированы парафином, что приводило к образованию эмульсии вода/масло. После 3-х недельной выдержки образцы разрезались поперек, и поверхность разреза обрабатывалась циркониевым индикатором. Было установлено, что во всех образцах консервант, содержащий бор, полностью проникал в древесину [50].

Эффективен также консервант для древесины, содержащий комплекс борной кислоты и хитозана, в частности состоящий из 1 % борной кислоты, 0,1–0,5 % хитозана и 1,0–1,5 % многоосновной кислоты [51].

Метод предотвращения гниения древесины. Предложен способ предотвращения гниения древесины при помощи нетоксичных компонентов. В качестве таких компонентов предлагается смесь олигосахаридов и борной кислоты, в которой олигосахариды получают за счет расщепления хитозана. Полученная смесь состоит из олигосахаридов с молекулярной массой 320–3200, 2,5-ангидроманозы и/или одного хитозана с м.м. 3200–48000 [52]. Предлагается процесс консервирования лесоматериалов или древесины за счет их обработки реакционноспособными компонентами, содержащими бор, которые быстро проникают внутрь древесины и после ее высушивания превращаются в соответствующее депо. В качестве такого консерванта предлагается использовать азеотропную смесь триметилбората с метанолом [53].

Новый консервант для древесины, содержащий комплекс циркония и бора. Строительные материалы, фанера и другие изделия из древесины обрабатывали консервантом, предотвращающим появление в древесине плесени, грибов, термитов и различны насекомых, а также обладающим огнезащитными свойствами. Таким консервантом является комплекс, содержащий цирконий и бор, который может быть получен смешиванием борной кислоты с водорастворимой солью циркония. Соотношения $ZrO_2: B_2O_3$ может меняться для оксида циркония от 0,75:1 до 10:1. Так, 40 г тетрагидрата октобората натрия растворяют в 1000 г раствора карбоната NH_4Zr . Смесь разбавляют водой и в результате получают 2000 г водного раствора, содержащего 2,0 % октобората натрия (1,34 % B_2O_3) и 10 % ZrO_2 . Раствор получается прозрачным и имеет pH 9,23. Сосновые бревна после пропитки этим раствором в течение длительного времени оказались устойчивы к огню, плесени и насекомым. Консервант также оказался устойчив к выщелачиванию его дождевой водой [54].

Консервация древесины концентрированными растворами борной кислоты. Было исследовано применение высококонцентрированных растворов борной кислоты в качестве консервантов для древесины. Показано, что использование высококонцентрированных растворов более эффективно. Применение растворов борной кислоты с концентрацией выше 20 % обеспечивает хорошую защиту от плесени; меньшие концентрации борной кислоты не обеспечивают подобную защиту. Все высококонцентрированные растворы борной кислоты (10–40 %) проникали в древесину на глубину более 10 мм. Древесина, обработанная борной кислотой, полностью сохраняет свои свойства и свою способность к адгезии [55].

Консервант для древесины, содержащий полибораты и хитозан. Образцы сосновой древесины, размером 50×25×15 мм, с гладкой поверхностью обрабатывали тремя растворами: 1) 5 % раствором полибората в 0,5 % растворе хитозана; 2) 5 % раствором

полибората в 2 % растворе хитозана и 3) 5 % раствор полибората в воде. Вышеназванные образцы древесины импрегнировали этими растворами под вакуумом. Лучший результат был получен для раствора 1 и худший для раствора 3 без хитозана [56].

Газообразные эфиры бора как консерванты для древесины. Использование газообразных эфиров бора обеспечивает их глубокое проникновение внутрь древесины и ее продолжительное консервирование [57].

Использование протеинборатов как нетоксичных консервантов для древесины. Представлены результаты консервации древесины комплексом альбумина с бором. Показано, что комплекс обладает высоким защитным действием против белок и коричневой гнилей и является нетоксичным консервантом для древесины. Древесина, обработанная этим консервантом, устойчива также и к термитам [58].

Применение бората магния в качестве консерванта древесины. Описано получение ортобората магния – консерванта для древесины, путем смешивания раствора уксусной и борной кислот с $Mg(OH)_2$ [59].

Консервант для древесины, содержащий борную кислоту или оксид бора и спирт. Предлагается процесс для консервации древесины и лесоматериалов, заключающийся в обработке древесины борной кислотой или оксидом бора в метаноле или этаноле и последующем высушивании древесины до содержания влаги менее 15 % [60].

Консерванты для древесины, содержащие галогены, серу и производные фосфора

С давних времен известен метод консервации древесины путем окуривания ее парами серы [1]. Тем не менее, в последнее десятилетие появились более эффективные консерванты древесины, содержащие в своем составе серу и другие химические производные.

Консервант для древесины, содержащий пестициды и полимеры акриловой кислоты. Предлагается консервант для древесины, содержащий пестициды (микробио-

циды) и полимеры полиакриловой кислоты с м.м. 40000–50000 Да). Массовые соотношения пестицидов и полимера равно 0,1–2. Так, 1 г хлорпирофоса и 0,75 г 3-бром-2,3-диод-2-пропенил-этил-карбоната растворяли в 5 г керосина. К смеси добавляли 0,5 г акрилового полимера и керосина до 100 г [61].

Синергетический консервант для древесины. Смесь, взятая в соотношении 7:3, из натриевой соли 1-оксида 2-меркаптопиридона и 2-фенилфенола, синергетически ингибирует рост древесных грибов и плесеней [62].

Антигрибные детоксиканты древесины. Изучено влияние 4-х органических консервантов древесины и их антигрибковая активность. Такими консервантами были: 4-хлорфенил-3-иодпропаргил формаль, 3-иод-2-пропил-бутил-карбамат, 3-бром-2,3-диод-2-пропилен карбонат и 2,3,3 – трииодалкиловый спирт. Все вышеназванные консерванты обладали высокими противогрибковыми свойствами [63].

Обработка древесины противогрибковыми реагентами. Сульфат тетра-(оксиметил)-фосфорной кислоты и родственные ему компоненты были запатентованы как консерванты древесины против грибов и плесеней. При добавлении к смеси раствора четвертичного сульфата аммония происходит еще более высокое противогрибковое действие. Предлагаемый консервант полностью предотвращает гниение древесины в течение нескольких месяцев [64].

Органический консервант, устойчивый к огню. Патентуется композиция, состоящая из полифосфата аммония (64–72), бора (22–35) и четвертичной аммонийной соли (3–7) %. Так, консервант, устойчивый к возгоранию, состоял из 66 % полифосфата аммония, 26 % бора, хлорида бензилдодецил-аммония 3 и фосфорной кислоты 5 % [65].

Предварительная обработка сосновых досок химикатами для улучшения их проницаемости. Была изучена проницаемость консервантов в свежеспиленные сосновые доски после их предварительной обработки уксусной кислотой, оксалатом аммония и гексаметофосфатом. Лучшие ре-

зультаты были получены при 20-ти дневной обработке досок уксусной кислотой. Физико-химические свойства древесины при этом оставались прежними [66].

Использование серы как консерванта для древесины. Пропитка древесины расплавленной серой обеспечивает полную защиту древесной клеточной структуры, которая заполняется расплавленной серой во время процесса пропитки. Предложено два метода для проведения этого процесса: 1) пропитка предварительно высушенной и нагретой древесины; 2) погружение влажной древесины в расплавленную серу и последующее высушивание. Как показала практика, древесина, импрегнированная серой, является прекрасным строительным материалом и имеет хорошую объемную стабильность, особенно во влажном климате. Физико-химические свойства древесины улучшаются при увеличении в ней содержания серы [67].

Глубина профиля проникновения консервантов в древесину. Индустрия деревообработки использует новые консерванты с активным ингредиентом 3-иод-2-пропилбутилкарбонатом. В работе показана возможность измерения профиля проникновения этого консерванта вглубь древесины, используя активацию нейтронов и спектроскопию β -частиц, имитирующих ^{128}I вместе с 0,443 МэВ γ -излучением. Изучение проводилось на кусках древесины толщиной 10 мм с использованием ^{22}P для стимуляции ^{128}I β -спектра. Исследование показало, что этот способ является эффективным методом определения глубины проникновения консерванта с разрешением 3 мм на 3-х глубинном профиле древесины [68].

Консервант для древесины, содержащий иод. Установлено, что [(4-иодпропаргилокси)диметокси]бензол является бесцветным антибактериальным, антифунгицидным и антиводородослевым консервантом для древесины. Описан способ его получения иодированием [(4-пропаргилокси)диметокси] бензола [69].

Антигрибные консерванты для древесины. Получены 3-алкоксиметил-1-

алкилимидазол хлориды, обладающие высокой антигрибковой и антиплесневой активностями. Эти препараты были использованы для консервации сосны, ели, бука и березы и показали свою высокую эффективность [70].

Заключение

Приведенные примеры консервации древесины и лесоматериалов с использованием таких консервантов, как продукты переработки нефти, металлоиды, их комплексы и некоторые химические соединения, содержащие в своей структуре галоиды, серу и фосфор, позволяют, по мнению ряда исследователей [71, 72], на 25–30 % сократить гниение и разрушение древесины и, следовательно, существенно снизить вырубку леса для нужд приготовления лесоматериалов.

Библиографический список

1. Неклюдов А.Д., Иванкин А.Н. Экологические основы производств. Взаимосвязь экологии, химии и биотехнологии. – М.: МГУЛ, 2003. – 367 с.
2. Неклюдов А.Д.Б Иванкин А.Н. Экологические основы биотехнологии. – М.: МГУЛ, 2004. – 415 с.
3. Долматов Л.В., Ахметов А.Ф.Ю Тереньтьев В.С., Карасев В.Н., Кузнецов Н.С., Пестриков А.П. // Патент РФ № 2080250 (1997). С1 В27К3/50. БИ, 1997. – №15. – 88.
4. Долматов Л.В., Ахметов А.Ф., Тереньтьев В.С., Фадеева О.С., Карасев В.Н., Кузнецов Н.С., Пестриков А.П., Серегин В.М. // Патент РФ № 2093353 (1997). С1 В27К3/50. БИ 1997. – № 29. – С. 246–247.
5. Nagano M., Murakami M., Kochra M., Sukai Y. // Патент Японии № 0812504 (1996). С1 А01N33/08. Chem. Abstr., 1996, 124, 235306x.
6. Mary H.N., Vogel T., Arlt O., Lichtenberg G. // Международный патент № 000 02716 (2000). С1 В27К3/44. Chem. Abstr. 2000, 132, 94875.
7. Fookes D. Gnatowski M.J., Pike R.L., Templeton D.A. // Международный патент № 99 43476 (1999). С1 В27К3/22 Chem. Abstr. 1999, 131, 186432.
8. Луз К, Короткина Ж., Какесте Ц. // Химия древесины. – 1993. – № 5. – С. 64–72.
9. Williams G., Cornfield J.A., Brown J., Ryan N.P. // международный патент № 9302557 (1993). С1 А01N59/00. Chem. Abstr., 1993, 119, 51609.
10. Hager B.O. // Патент Великобритании № 2261168 (1993). С1 А01N25/00. Chem. Abstr., 1993, 119, 43364.
11. Matzner W.S., Seepe D. // Патент Германии № 4123867 (1993). С1 В27К3/32. Chem. Abstr., 1993, 119, 10685.

12. Ma F., Ayotte M. // Патент США № 5506001 (1996). CI 427-408; A01N25/02. Chem. Abstr., 1996, 125, 13614 c.
13. West M. // Патент США № 5342438 (1994). CI 106-18.3. C09D15/00. Chem. Abstr., 1995, 122, 58545k.
14. Aceto M., Fedele A. // Fresenius Environ. Bull., 1994, т.3, №4, С. 389-394.
15. Nisson L. // Патент Швеции № 468839 (1993). CI B27K3/02. Chem. Abstr., 1993, 119, 30315z.
16. Dumri M., Shukla K., Kumar S. // J. Timber Dev. Assoc. India, 1992, т.38, №2, С. 14-18.
17. Kubato A., Usni H., Konishi S., Oonishi K., Pponda R. // Патент Японии № 06218707 (1994). CI B27K3/16. Chem. Abstr., 1995, 122, 33775x.
18. Lee D.H., Takahashi M., Tsunoda K. // Holzforschung, 1992, т.46, №6, С. 467-469.
19. Simens A. // Holz Roh-Werkst., 1992, т. 50, №7-8, С. 275-279. Chem. Abstr., 1993, 118, 171240n.
20. Smith-Hansen A. // Международный патент № 9627600 (1995). CI B27K3/52. Chem. Abstr., 1996, 124, 90728.
21. Tsunoda K., Adachi S., Nomura Y. // Патент Японии № 08231325 (1996). CI A01N59/16. Chem. Abstr. 1996, 125, 295255.
22. Jin L., Archter K. // Proc.-Annu. Meet. Am. Wood-Preserv. Assoc. 1991 (Publ. 1992), №87, С.169-184. Chem. Abstr., 1944, 121, 182129w.
23. Pizzi A. // Holzforschungen, 1993, т. 47, №3, С. 253-260.
24. Pizzi A. // Holzforschung 1993, т. 47 №4, С. 343-348.
25. Kurt O. // Патент Германии № 4225528 (1994). CI B27K3/52. Chem. Abstr., 1994, 121, 111772.
26. Tomita K., Tomioka T., Hoshino K., Nishino A., Yonemura M. // Патент Японии № 05309612 (1993). CI B27K3/52. Chem. Abstr., 1994, 120, 194398a.
27. Chaptan Chemical Co., Ltd. // Патент Германии № 4126986 (1993). CI B27K3. Chem. Abstr., 1993, 118, 256844.
28. Kamdem D.P., McIntyre C.R. // Wood Fiber Sci., 1998, т. 30, №1, С.64-71.
29. Soeda M., Ofa M. // Патент Японии № 10139606 (1998). CI A01N55/02. Chem. Abstr. 1998, 129, 50838
30. Tohitani K., Ono S. // Патент Японии № 0578217 (1993). CI A01N59/14. Chem. Abstr., 1993, 119, 22828.
31. Yamaguchi H., Okuda K. // Holzforschung, 1998, т.52, №6, С. 596-602.
32. Aoki H., Tanaka K., Echido T. // Патент Японии № 11 139905 (1999). CI A01N33/08. Chem. Abstr. 1999, 130, 348547.
33. Kato K. // Патент Японии № 11 189504 (1999). CI A01N37/06. Chem. Abstr. 1999, 131, 112714
34. Nagano Y., Shiraishi T., Arano N. // Патент Японии № 11 246303 (1999). CI A05 N25/01. Chem/ Abstr. 1999, 131, 210405.
35. Dimitrescu L., Popa V.I., Petrovci V., Baciuc G. // Bull. Transilvania Univ. Brasov, Ser B. 1996, №3, С. 63-68
36. Marx H.N., Tscholl H.P. // Европейский патент № 514331 (1992). CI B27K3/52. Chem. Abstr., 1993, 118, 207539h.
37. Leo J.S., Furukawa I., Sakuno T. // Mukuzai Gakkaishi 1993, т.39 №1, 103-108. Chem Abstr., 1993, 119, 141412.
38. Lin S.Y. // Патент Канады № 2087637 (1993). CI B27K3/52. Chem. Abstr., 1994, 120, 301443k.
39. Mayer P., Simpson G., Gasborro A., Allen L. // For. Prod. J., 1995, т.45, №11/12, С. 53-56.
40. Nagano M., Murakami M., Kochra M., Sukai Y. // Патент Японии № 0812504 (1996). CI A01N33/08. Chem. Abstr., 1996, 124, 235306x.
41. Kamdem D.P., Fair R., Freeman M. // Holz Roh-Werkst. 1996, т.54, №3, С. 183-187.
42. Kamdem D.P., Zhang J., Freeman M.H. // Wood Fiber Sci. 1998, т.30, №2, С. 210-217.
43. Barth V., Haertner H., Beez V. // Европейский патент № 739698 (1996). CI B27K3/52. Chem. Abstr. 1997, 126, 20327.
44. Luse I., Onuzans L., Strods J. // Патент Латвии № 10840 (1995). CI B27K3/52. Chem. Abstr. 1997, 126, 76365.
45. McIntyre C. // Holz Roh- Werst. 1999, т. 57, №1, С. 69-72.
46. Chow S. // Патент Канады № 1304893 (1992). CI B27K3/20. Chem. Abstr., 1993, 118, 105163p.
47. Bergervoet A.J., Burton R.J., Oosten S. // FRI Bull, 1992, № 177 (Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium, 1992. New Zealand. For. Research Ins. N.Z.), С. 89-90. Chem. Abstr., 1994, 120, 247631.
48. Hsu Wu-hsing F., Plaff F.J. // Патент Канады № 2095561 (1993). CI B27N3/02. Chem. Abstr., 1994, 121, 136491k.
49. Barnes H., Sanders M.G., Brown B., Lfnders W. // Proc. -Fnnu. Meet Am. Wood-Preserv. Assoc. 1992 (Publ. 1993), № 88, С.36-41. Missisipp State. MS. Chem. Abstr., 1994, 121, 159543t
50. Conradi W.E., Terner P., Greef F/W. // Патент Германии № 4402600 (1994). CI B27K3/52. Chem. Abstr., 1994, 121, 258254f.
51. Kabayashi T. // Патент Японии № 06247815 (1994). CI A01N59/14. Chem. Abstr., 1995, 122, 3586u.
52. Inoe T., Hamamoto Y. // Патент Японии № 06170810 (1994). CI B27K3/34. Chem. Abstr., 1995, 122, 36513q.
53. Nasheri K. // Патент Канады № 2153740 (1997). CI B27K3/36. Chem. Abstr. 1997, 126, 265339.
54. Schubert D.M., Manning M.J. // Патент США № 5612094 (1997). CI 427-397; A01N3/00. Chem. Abstr. 1997, 126, 265336.
55. Mori M., Doi S., Mineki Y. // Rinsan Shikenjoho (Hokkaido) 1998, т.12, № 1, С. 7-13. Chem. Abstr. 1998, 128, 155688.
56. Mueller J. // Патент Германии 19636702 (1998). CI B27K3/34. Chem. Abstr. 1998, 128, 193886
57. Turner P., Murphy R.J. // Wood Sci. Technol. 1998, т.32, №1, С. 25-31.
58. Thevenon M.F., Pizzi A., Habik J., Zaremski A. // Hilz-Werkst/ 1998, т. 56, №3, С.162.
59. Ikeda M., Inoue T., Inoue Th. // Патент Японии № 10323807 (1998). CI B27K3/52. Chem. Abstr. 1999, 130, 68038.

60. Nashery K. // Патент США № 5871817 (1999). Cl 427-317 B05D3/02. Chem. Abstr. 1999, 130, 169744
61. Shizawa H., Nishimoto K. // Патент Японии № 0570301 (1993). Cl A01N25/00. Chem. Abstr., 1993, 118, 228271e.
62. Ludwig G.W., Exter O., Shmitt H.G. // Патент Германии № 4122654 (1993). Cl A01N43/40. Chem. Abstr., 1993, 118, 207540b.
63. Lee D.H., Takahashi M., Tsunoda K. // *Holzforschung*, 1992, т. 46 №6, С. 467-469.
64. Lloyd G.R., Matthews N.S. // Патент Великобритании № 2257043 (1992). Cl A01N57/20. Chem. Abstr., 1993, 118, 96273v.
65. Su Y., Wang S. // Патент Китая № 1060487 (1992). Cl C09K15/02. Chem. Abstr., 1993, 118, 105160k.
66. Militz H., Homan W.J. // *Holz Roh-Werst.*, 1993, т.51, №1, 14-20.
67. Manziy S.A., Manziy V.P. // *Polum. Congr., Int. Cong., 7th, 1992, 727-729* (Eds: Paturaev V.V., Serykh R.L., M., "BETECOM", Russia). Chem. Abstr., 1994, 120, 247569r.
68. Kennedy G., Dai N. // *J. Radioanal/ Nucl. Chem.*, 1994, т.180, № 1, С. 115-119.
69. Chikusa Y., Umozu K., Saijo S., Moriwaki M., Ohishi T., Tanaka I., Yanagida T. // Патент Японии № 10237005 (1998). Cl C07C43/30. Chem. Abstr. 1998, 129, 230532.
70. Urbanik E., Zabielska-Matejuk J., Skrzypezak A., Pernak J. // *Mater. Org.* 1997, т. 31, №4, С. 247-263.
71. Laks P.E., Pollardy R.D. // *FRI Bull*, 1992, 177 (Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium, 1992. New Zealand. For. Research
72. Barnes H.M., Ingram L.L. // *Proc – Annu. Meet. Am. Wood-Preserv. Assoc.* 1995, № 91, С.108-119. Chem. Abstr., 1996, 124, 235109k.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ СВОЙСТВ КОМПОНЕНТОВ ДРЕВЕСНО-ЦЕМЕНТНОГО МАТЕРИАЛА

В.И. ЗАПРУДНОВ, *проф. каф. промышленного, гражданского строительства и безопасности жизнедеятельности МГУЛ, д-р техн. наук*

В работе [1] получены формулы, позволяющие проводить вычисления эффективных модулей древесно-цементного композита на основе цементного камня, минеральных добавок, частиц органического заполнителя и пор. Для этого необходимо задать соответствующие упругие постоянные компонентов. Однако на практике не всегда известны свойства минеральных добавок, расположенных в древесно-цементном материале. Поэтому представляет интерес решение обратной задачи, т.е. определение свойств некоторого компонента на основе известных свойств других компонентов и эффективных свойств композита.

Рассмотрим обратную задачу для двухкомпонентного материала, образованного каркасом из цементного камня и включений золы. Согласно предыдущим результатам, полученным в работе [1], эффективные модули объёмного сжатия и сдвига такого материала определяются формулами

$$K^* = \left(\frac{c_2}{K_2 + \bar{K}} + \frac{c_4}{K_4 + \bar{K}} \right)^{-1} - \bar{K};$$

$$\mu^* = \left(\frac{c_2}{\mu_2 + \bar{\mu}} + \frac{c_4}{\mu_4 + \bar{\mu}} \right)^{-1} - \bar{\mu}, \quad (1)$$

где $\bar{K} = \frac{4}{3} \mu_c; \quad \bar{\mu} = \frac{(9K_c + 8\mu_c)\mu_n}{6(K_c + 2\mu_c)};$

$$\mu_c = \langle \mu \rangle = c_2 \mu_2 + c_4 \mu_4; \quad K_c = \langle K \rangle = c_2 K_2 + c_4 K_4. \quad (2)$$

Модуль Юнга E^* и коэффициент Пуассона ν^* выражаются через постоянные (1) соотношениями

$$E^* = \frac{9K^* \mu^*}{3K^* + \mu^*}; \quad \nu^* = \frac{3K^* - 2\mu^*}{6K^* + 2\mu^*}. \quad (3)$$

Из эксперимента известно, что модуль Юнга E_2 и коэффициент Пуассона ν_2 цементного камня равны

$$E_2 = 30,0 \text{ АПа}; \quad \nu_2 = 0,2. \quad (4)$$

Также известно из эксперимента, что модуль Юнга E^* композита цемент – зола при объёмном содержании цемента и золы соответственно $\tilde{n}_2 = 0,90$, $\tilde{n}_4 = 0,1$ равен 28,2 ГПа, при $\tilde{n}_2 = 0,81$, $\tilde{n}_4 = 0,19$ равен 25,8 ГПа, а при $\tilde{n}_2 = 0,74$, $\tilde{n}_4 = 0,26$ равен 21,9 ГПа. Необходимо определить упругие постоянные золы E_4, ν_4 .

Рассмотрим вначале более простой вариант, когда коэффициенты Пуассона золы и цементного камня равны

$$\nu_2 = \nu_4 = 0,2. \quad (5)$$

В этом случае из (1) – (3) находим

$$\frac{E^*}{E_2} = \left[\frac{c_2}{c_4 n + 1 + c_2} + \frac{c_4}{(1 + c_4)n + c_2} \right]^{-1} - (c_4 n + c_2), \quad (6)$$

где
$$n = E_4 / E_2. \quad (7)$$

На рис. 1, а приведены кривые зависимости модуля Юнга (6) от объёмного содержания золы для $n = 0; 0,05; \dots; 1$. Откладывая по оси \tilde{n}_4 значение 0,10, а по оси E^*/E_2 значение $28,2/30,0 = 0,94$, находим на их пересечении кривую со значением $n = 0,5$. Тогда из формулы (7) следует

$$E_4 = n \cdot E_2 = 15,0 \text{ \AA} \tilde{\text{I}} \tilde{\text{a}}. \quad (8)$$

Аналогично, откладывая по оси \tilde{n}_4 значение 0,19 и 0,26, а по оси E^*/E_2 значение $25,8/30,0 = 0,86$ и $21,9/30,0 = 0,73$, находим $n = 0,4$ и $n = 0,3$. Из (8) тогда следует

$$E_4 = n \cdot E_2 = 12,0 \text{ \AA} \tilde{\text{I}} \tilde{\text{a}}, \quad E_4 = n \cdot E_2 = 9,0 \text{ \AA} \tilde{\text{I}} \tilde{\text{a}}. \quad (9)$$

Как видим, модули Юнга золы оказались различными при различных её объёмных содержаниях в композите цемент – зола. Это можно объяснить тем, что при большем объёмном содержании частицы золы, образующие включение, менее склеены между собой, т. е. в них увеличиваются микропоры. Поэтому при увеличении объёмного содержания золы её жесткость уменьшается.

Рассмотрим теперь композит на основе цементного камня и включений золы или другого минерального наполнителя с неизвестными постоянными E_4, ν_4 . Согласно формулам (1), (2) можно записать

$$\begin{aligned} \bar{K}^* &= \frac{K^*}{E_2} = \left(\frac{c_2}{p_2 + \frac{4}{3}\langle q \rangle} + \frac{c_4}{p_4 + \frac{4}{3}\langle q \rangle} \right)^{-1} - \frac{4}{3}\langle q \rangle; \\ \bar{\mu}^* &= \frac{\mu^*}{E_2} = \left(\frac{c_2}{q_2 + \tilde{q}} + \frac{c_4}{q_4 + \tilde{q}} \right)^{-1} - \tilde{q}, \quad (10) \end{aligned}$$

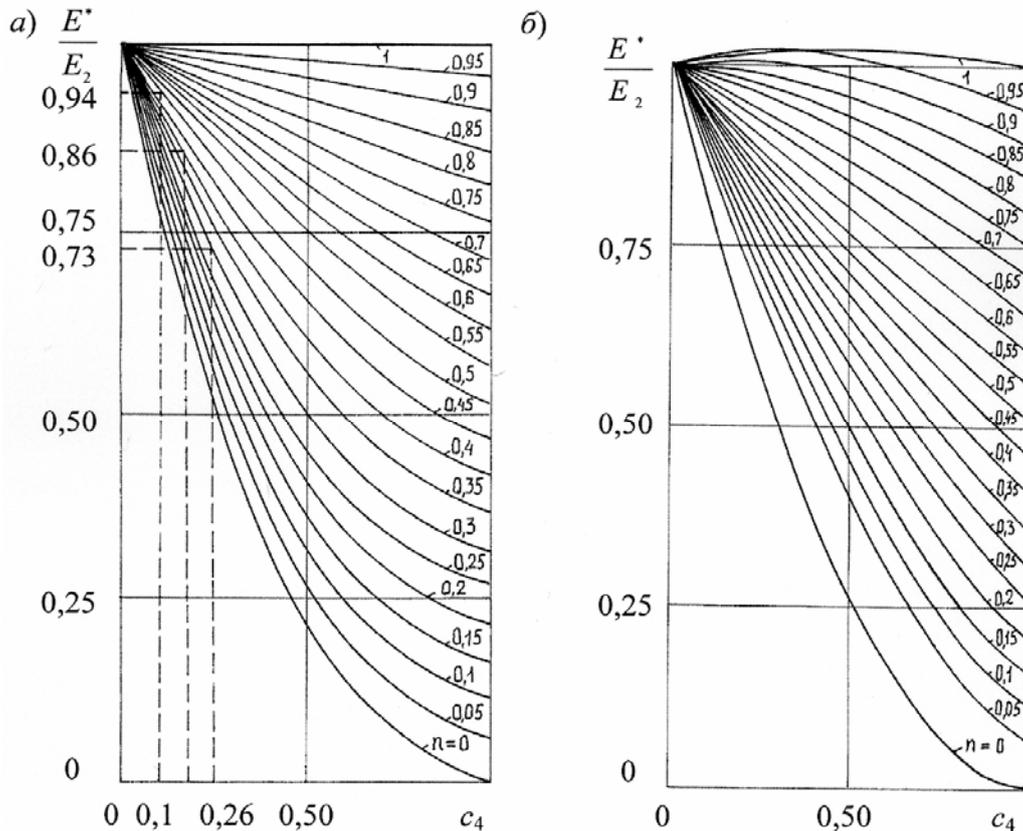


Рис. 1. Зависимость модулей Юнга от объёмного содержания золы \tilde{n}_4 при значениях коэффициента Пуассона: а – $\nu_4 = 0 \dots 0,4$; б – $\nu_4 = 0,5$

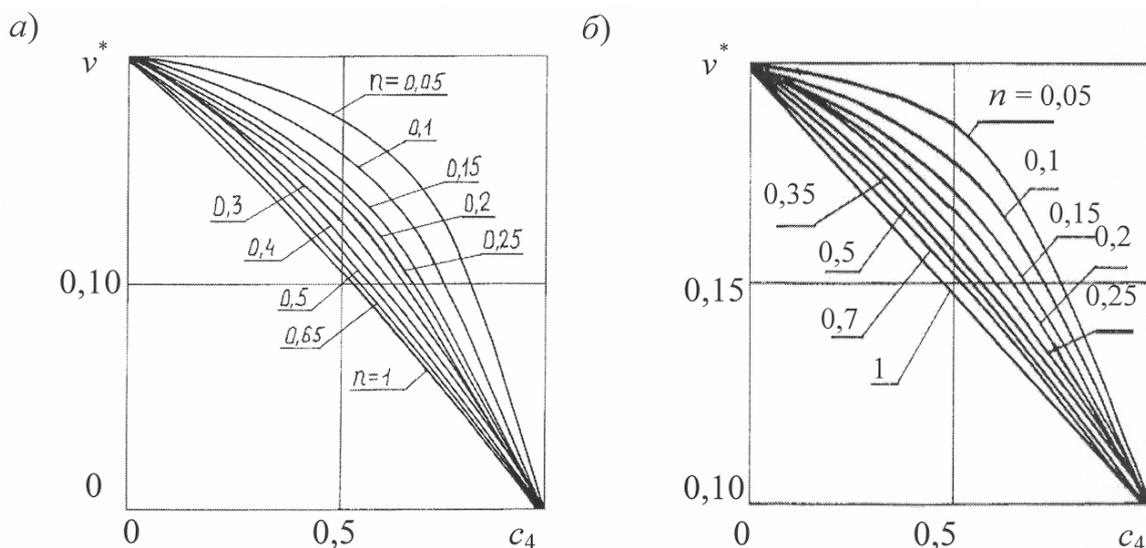


Рис. 2. Зависимость коэффициента Пуассона древесно-цементного материала от объёмного содержания наполнителя (золы) \tilde{n}_4 при значениях коэффициента Пуассона золы: а - $\nu_4 = 0,1$; б - $\nu_4 = 0,2$

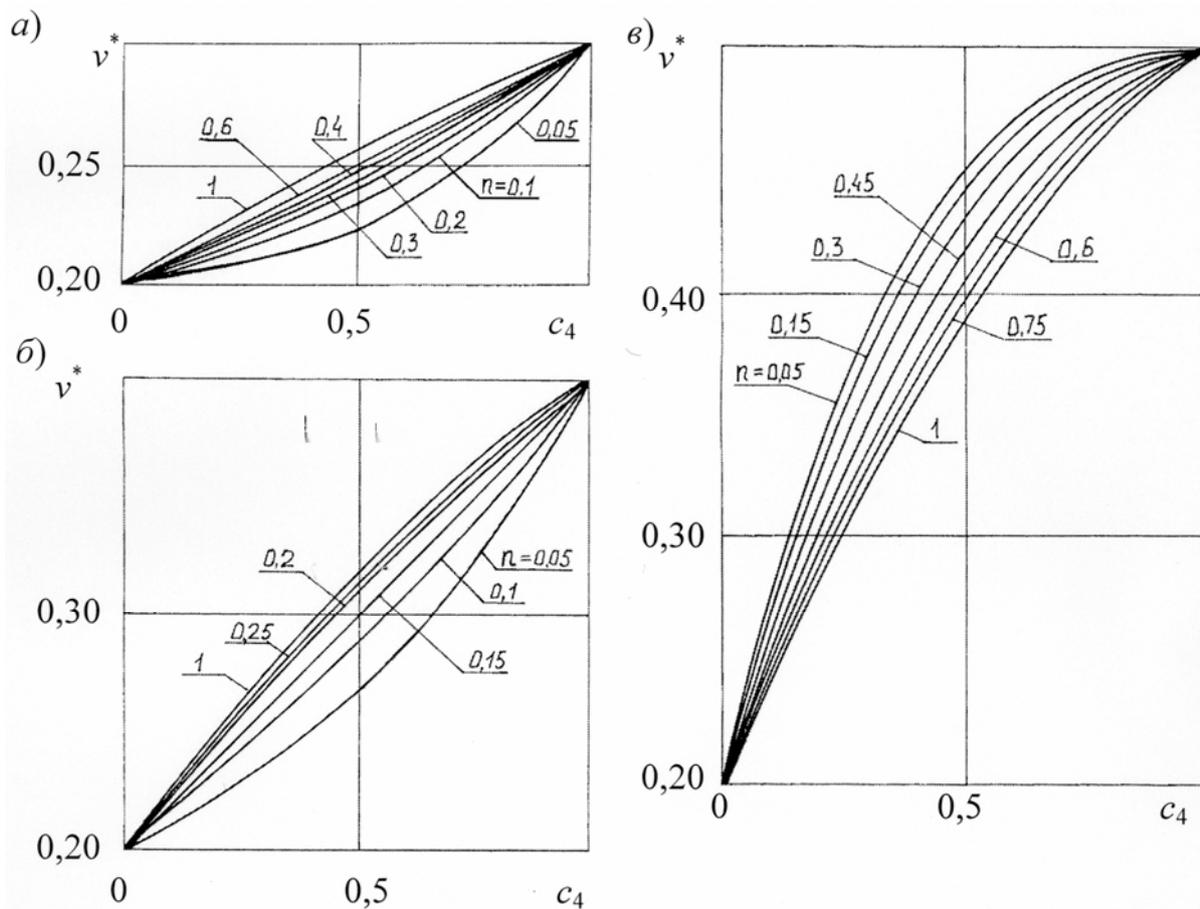


Рис. 3. Зависимость коэффициента Пуассона древесно-цементного материала от объёмного содержания наполнителя (золы) \tilde{n}_4 при значениях коэффициента Пуассона золы: а - $\nu_4 = 0,3$; б - $\nu_4 = 0,4$; в - $\nu_4 = 0,5$

где обозначено

$$p_2 = \frac{K_2}{E_2} = \frac{1}{3(1-2\nu_2)} = \frac{5}{9}; \quad p_4 = \frac{K_4}{E_4} = \frac{n}{3(1-2\nu_4)};$$

$$q_2 = \frac{\mu_2}{E_2} = \frac{1}{2(1+\nu_2)} = \frac{5}{12}; \quad q_4 = \frac{\mu_4}{E_4} = \frac{1}{2(1+\nu_4)};$$

$$n = \frac{E_4}{E_2}; \quad \langle q \rangle = c_2 q_2 + c_4 q_4; \quad \langle p \rangle = c_2 p_2 + c_4 p_4;$$

$$\tilde{q} = \langle q \rangle \frac{9\langle p \rangle + 8\langle q \rangle}{6(\langle p \rangle + 2\langle q \rangle)}. \quad (11)$$

Полагая в формулах (10), (11) последовательно $n = 0,05; 0,1; \dots; 0,95; 1$, а также $\nu_4 = 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$, построим кривые зависимостей

$$\frac{E^*}{E_2} = \frac{9\bar{K}^* \bar{\mu}^*}{3\bar{K}^* + \bar{\mu}^*}; \quad \nu^* = \frac{3\bar{K}^* - 2\bar{\mu}^*}{6\bar{K}^* + 2\bar{\mu}^*} \quad (12)$$

от объёмного содержания золы \tilde{n}_4 , которые представлены на рис. 1, б – 3. Для того чтобы определить постоянные золы E_4, ν_4 , необходимо измерить постоянные

композиита E^*, ν^* при определённом значении объёмного содержания золы \tilde{n}_4 . Отложив на осях абсцисс и ординат соответствующие значения \tilde{n}_4 и $E^*/E_2, \nu^*$, найдём на их пересечении соответствующие значения n . Они могут различаться между собой, поэтому нужно выбрать те из двух значений, которые наиболее близки между собой, и взять среднее между ними. Затем значение модуля Юнга золы находится по формуле

$$E_4 = n \cdot E_2, \quad (13)$$

а значение коэффициента Пуассона ν_4 выбирается по рис. 2 – 3 из условия наибольшей близости точки пересечения к найденному значению n .

Библиографический список

1. Запруднов В.И. Прочность и деформативность древесно-цементного композита с минеральным наполнителем // Лесной Вестник. – М.: МГУЛ. – 2004. – № 1(32). – С. 92–98.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДРЕВЕСНОСТЕКЛОВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА В ИЗДЕЛИЯХ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Т.Н. СТОРОДУБЦЕВА, доц. каф. сопротивления материалов и теоретической механики ВГЛТА, канд., техн., наук

По официальным литературным источникам [1, 2, 3, 4, 5] были установлены основные дефекты и повреждения железнодорожных железобетонных и деревянных шпал, большинство из которых устраняется в результате применения в качестве материала шпал из водостойкого древесностекловолоконистого композиционного материала (ДСВКМ) разработанных составов [6, 7, 8, 9]. Сделан подробный анализ сравнения дефектов и повреждений первых и методов устранения их причин в конструкции и материале шпал из ДСВКМ, из которого видны неоспоримые преимущества использования шпал из этого материала на железных дорогах широкой колеи, а также для трамвайных

путей и на лесовозных дорогах узкой колеи [10, 11].

В работе В.В. Патуроева [12], которая выполнялась в научно-исследовательском институте бетона и железобетона (НИИЖБ) более 25 лет назад, приводится сравнительный анализ технико-экономической эффективности применения конструкций, выполненных на основе портландцемента и термоактивных смол, в том числе на смоле ФАМ.

Несмотря на сравнительно давнюю публикацию, эта работа практически единственная, касающаяся данного вопроса, и не потеряла своего значения из-за серьезной обоснованности выводов, сделанных в ней и

остающихся справедливыми в настоящее время. Например, в ней показано, что сравнение стоимости синтетических шпал со стоимостью портландцемента и т.п. приводит к неправильным выводам о низкой стоимости первых вяжущих, поскольку цены на смолу в 10...20 раз и более выше цены на цемент, известь и другие минеральные вяжущие. В.В. Патуроев, основываясь на данных НИИЖБ и других организаций, считал, и с этим нельзя не согласиться, что более правильным является сравнение отпускной стоимости конструкций, эксплуатационных расходов на их содержание и долговечности в условиях, в первую очередь, воздействия агрессивных сред, утечек электрического тока, величин динамических нагрузок, частоты ремонта и замены элементов ходовых частей подвижного состава и т.д. Поэтому, если первоначальная цена конструкций из тяжелых полимербетонов на ФАМ и выше, например стоимости аналогичных железобетонных, в 2...4 раза, однако с учетом отрицательного действия на последние названных сред и долговечности армополимербетонных конструкций (которая в 3...5 раз большей долговечности железобетонных), можно считать названные факторы определяющими их высокую надежность и рентабельность. Все сказанное необходимо в полной мере учитывать в расчете экономической эффективности при частичной замене железобетонных и деревянных шпал на шпалы из ДСВКМ.

В отношении мономера (смолы) ФАМ дело осложнилось тем, что при развале СССР практически единственный завод по его производству оказался в Узбекистане (г. Фергана), поэтому с учетом транспортных расходов его стоимость мономера в настоящее время составляет около 50 тыс. р за тонну (табл. 1), т. е. очень высокая.

Возникла идея о концентрации в одном регионе производств фурфурола, мономера ФАМ и железнодорожных шпал различного назначения, а именно в г. Воронеже, Воронежской и Липецкой областях.

Это давало бы возможность снизить транспортные расходы и, при едином владельце всех производств, – НДС и другие налоги, а следовательно цену одной шпалы, 85 % составляет цена смолы ФАМ (табл. 3).

Для реализации предложенной идеи была проведена рекламная компания в печати, в результате которой в адрес ВГЛТА пришло большое количество писем, в которых выражалось желание приобрести шпалы из ДСВКМ. Диапазон адресатов охватил практически всю РФ от г. Мурманска до г. Комсомольска-на-Амуре. Однако все хотели покупать шпалы, но не строить заводы по производству ФАМ и отливке шпал. И все же инвестор нашелся – это ООО «Рета» (г. Воронеж), которая имела опыт работы с полимербетоном на ФАМ для устройства полов и фундаментов колон на заводе ОАО «Воронежсинтезкаучук», о чем уже говорилось в предыдущих главах работы. В качестве основы для бизнес-плана были положены ответы на вопросы инвестора, представленные в таблице 2, а также опыт работы ВГЛТА на ту же тему с Управлением автомобильных дорог (г. Липецк, г. Елец – 1992–1996 гг.) и, конечно, с ВНИИЖТ МПС (1995–2003 гг.).

ООО «Рета» заключила договор с институтом «СИБГИПРОБИОСинтез» на проект фурфурольно-мономерного завода (ФМЗ) для его строительства в г. Лиски Воронежской области, где для этого выделен удобный участок. В таблице 2 приводится расчет производственной и отпускной стоимости мономера ФАМ, который выполнен по данным этого института. Видно, что ожидаемая стоимость ФАМ примерно в 1,6 раза ниже стоимости этой смолы на мировом рынке (28 тыс. р. против 45 тыс. р., табл. 1, п. 9).

В табл. 3 приведен расчет отпускной стоимости шпалы для железных дорог общего назначения, в которой использованы данные табл. 3 и табл. 8 автореферата Стородубцевой Т.Н. [13], причем предполагается, что отливка будет производиться на близко расположенном профильном заводе.

Ответы на вопросы инвестора

ФУРФУРОЛ-МОНОМЕРНЫЙ ЗАВОД (ФМЗ)		
Вопрос	Ответ	Примечание
1	2	3
1 Какова стоимость ФМЗ	1-я очередь, состоящая из двух отделений производства фурфурола в объеме 2750 т и мономера ФАМ в объеме 1000 т, ориентировочно 300 млн. р; 2-я очередь производства фурфурола в объеме 2750 т составит ориентировочно 200 млн. р.	
2 Годовая производительность	Полная мощность: 5500 т фурфурола; 1000 т мономера ФАМ.	1100 т фурфурола-сырца надо завозить
3 Режим работы	Круглосуточный непрерывный	
4 Потребность в сырье при выходе 6 % фурфурола от сухой массы сырья	На первую очередь: Кукурузной кочерыжки – 27000 т семечной лузги – 27000 т при 16 % влажности. На вторую очередь: Шелухи гречихи (соломы) – 54000 т При 16 % влажности	Хорошим сырьем являются также: шелуха гречихи, солома, кукурузная кочерыжка, которые в объеме 20000 т надо завозить из других областей
5 План загрузки сырья	Суточная загрузка 1-ой очереди 180 т; потребуется склад 27000 т и ежедневная поставка 200 т автотранспортом в течение 10 месяцев	Остановка завода на 30 дней после годового цикла
6 Ориентировочный объем рынка РФ	Потребность: 10000 т фурфурола в год 1000 т ФАМ в год	Без учета потребности ЖД транспорта
7 За счет каких заводов покрывается потребность в фурфуроле	Кировский завод 2000 т в год, Кропоткинский завод 2500 т в год. Остальные гидролизные заводы производят фурфурол – сырец – 7000 т	Кропоткинский работает на привозном сырье
8 Почему заводы расположены именно в Воронежской области	Близость к сырью – это отходы лесопромышленного комплекса и сельхозотходы	
9 Мировые отпускные цены на фурфурол и ФАМ	Мировая цена фурфурола высшего сорта до 2000 \$ США за 1 т (60000 р.); ФАМ – 1500 \$ за 1 т (45000 р.); фурфурол-сырец 530 \$ за 1 т (16000 р.)	
10 Сферы использования фурфурола	1) Фурфуриловый спирт – металлургия; 2) тетрагидрофуран – химическая промышленность; 3) селективная очистка смазочных масел; 4) химические средства защиты растений; 5) производство пластмасс, лаков, пресспорошков, абразивных инструментов и др.	
11 Имеется ли опыт производства ФАМ в РФ	Опытная партия ФАМ была получена на ООО «Воронежсинтезкаучук» (г. Воронеж) и п. Чарушкино, Московской обл. (военная часть).	
ШПАЛЫ		
1 Есть ли копии по переписке по предложению использования нового типа шпал и ответы официальных организаций	По договору между ВГЛТА и ВНИИЖТ ведется работа по изготовлению шпал для испытаний для получения сертификата применения их на ЖД транспорте общего назначения. Копии имеются в ВГЛТА, кафедра сопротивления материалов и теоретической механики	Сумма договора № 30/01 с ВНИИЖТ в 2001 г. составила 150 тыс. р. – ответственный исполнитель темы – автор работы

1	2	3
2 Составляющие компоненты шпалы, их себестоимость	См. таблицу 4. Мука из пиритовых огарков, графитовая мука, отходы переработки древесины имеются в г.г. Тамбов, Елец, Воронеж.	Практически все компоненты имеются в Центр. Черн. регионе.
3 Каковы отпускные цены на ЖБ и деревянные шпалы	ЖБ шпала – 270 р. за 1 шт. Деревянная – 300 р. за 1 шт. В США деревянная пропитанная креозотом – 50 \$ (1500 р.). Пластиковая – 70 \$ (2100 р.). Из ДСВКМ – 30 \$ (900 р.)	
4 Потребность МПС/ЮВЖД в год	Только ЮВЖД – 1 200 000 шт. в год	
5 Планируемая производительность завода (шт. /год)	При производстве фурфурола – сырца на предполагаемом заводе ФМЗ 7000 т и привозном сырье 1000 т можно получить 75 т мономера ФАМ. На одну шпалу расход – 20 кг ФАМ. Годовая производительность завода может составить 375 000 шт. шпал в год	

Т а б л и ц а 2

Расчет стоимости одной тонны смолы ФАМ на годовой производственный объем 1 млн. шпал из ДСВКМ

№ п.п.	Наименование статей расхода	Единицы измерения	Расход	Стоимость (р.)	Стоимость материалов (р.)
1	Фурфурол-сырец	т	1,0	12 000,0	12 000,0
2	Ацетон	т	0,5	12 000,0	6 000,0
3	Вспомогательные химические материалы	т	0,01	10 000,0	100,0
	ИТОГО:				18 100

Т а б л и ц а 3

Расчет стоимости одной железнодорожной шпалы из (ДСВКМ), армированного каркасом из необработанных досок, и заполнителем – технологической щепой (отходы лесопиления) типа А-1 (в ценах 2001 г., р.)

№ п.п.	Наименование компонентов	Ед. изм.	Расход на одну шпалу	Стоимость единицы измерения	Стоимость материала
1	Смола фурфураолацетоновая – ФАМ	кг	21,2	20–50	434–60
2	Отвердитель – БСК	кг	5,3	7–50	39–75
3	Глицерин – ЗРК	кг	0,02	60–00	1–20
4	Песок с мк=1,5 – П	кг	61,8	0–02	1–24
5	Графитовая электродная мука	кг	2,9	2–00	5–80
6	Пиритовая мука из огарков – ПМ	кг	4,3	0–02	0–09
7	Щепа мелкая (14,2 кг)	м ³	0,03	120–00	3–60
8	Доски необработанные из низкосортной древесины, пропитанной ОММ – Д (33,6 кг) при объемной массе 0,6 т/м ³	м ³	0,06	130–00	7–80
9	Отработанное машинное масло – ОММ	кг	2,0	2–00	4–00
10	Стеклотетка – СС (1,8 кг при ширине 1 м)	м/п	2,8	5–50	15–40
	ИТОГО:				513–60

1	Стоимость сырья и материалов С	513–60 р.
2	Транспортно-заготовительные расходы ТЗР (10 % от С)	51–36 р.
3	Основная зарплата ОЗП (2 % от С)	10–71 р.
4	Налоги на зарплату ННЗ (13 % от ОЗП)	0–14 р.
5	Общехозяйственные расходы ОХР (100 % ОЗП)	10–71 р.
	Расходы на тепловую энергию при прогреве материалов до 102° и стоимости 1 Гкал, равной 183,40 р.	5–20 р.
6	Расход электроэнергии	0–75 р.
7	Расход воды	0–75 р.
	ИТОГО: производственная стоимость СС – 593–22 р.	
8	Внепроизводственные расходы ВВП (4 % от СС)	23–73 р.
9	Полная стоимость ПСС	616–90 р.
10	Прибыль (10 % от ПСС)	61–70 р.
11	Стоимость с учетом прибыли	678–65 р.
12	НДС 20 %	<u>135–75 р.</u>
13	ВСЕГО: стоимость шпалы	814–40

$$\tilde{N}_{i0}^i \text{ или } \hat{E}_i \approx 815 \text{ р.}$$

В заключение отметим, что стоимость шпалы, изготовленной в США на основе переработанных пластиковых бутылок (1000 шт на 1 шпалу) составляет 70 \$ или 2100 р. [14], т.е. она в 2,6 раза дороже шпалы из ДСВКМ (815 р., таблица 3) или около 30 \$. Там же стоимость деревянной шпалы, пропитанной креозотом, составляет 50 \$, т.е. и этот вид шпал дороже предлагаемых в 1,7 раза.

Кроме шпал из ДСВКМ для железных дорог общего назначения на смоле ФАМ, в соответствии с ТУ 5340-001-02068097-96 с изменениями и дополнениями, сделанными в 2001 г., на основании новых разработок автора [10], из этого материала могут быть отлиты брусья стрелочных переводов [15], шпалы для трамвайных и лесовозных путей, в том числе узкоколейных, о чем сообщалось через ЦНТИ г. Воронежа и в других публикациях [16]. Следует отметить, что разработанная автором технология отливки подобных изделий позволяет изготавливать их любых размеров в зависимости от вида балласта или без него, например, при строительстве дорог к местам лесозаготовительных работ в болотистой местности и т.п., тем более, что расчет подобных шпал–плит уже сделан Б.А. Бондаревым под руководством В.И. Харчевникова [17, 18].

Еще одна очень интересная работа была выполнена ВГЛТА по заказу электрометаллургического комбината г. Старый Оскол (ОАО ОЭМК) в 2001 г. на тему «Подкла-

дочные плиты для рельсового пути штабелера сталепрокатного цеха № 1 – СПЦ-1 из стекловолокнистого композиционного материала на смоле ФАМ (СВКМ)» (шифр темы 16/01) [19]. Полученный опыт отливки, высокие механические характеристики СВКМ и производственные испытания позволяют рекомендовать использование его в подкладках для шпал на железнодорожном транспорте, перевозящем сверхтяжелые грузы.

Выводы и рекомендации по применению и сбыту

1. Положительная роль экологических и социальных аспектов налаживания производства изделий из ДСВКМ заключается в том, что его использование в широких масштабах позволит найти применение огромным количествам отходов сельского хозяйства, лесного комплекса и лесоперерабатывающей промышленности в виде сырья для производства фурфурола, смолы ФАМ и армирующего заполнителя. Найдут применение и отходы химической промышленности – пиритовые огарки, которые могут быть переработаны в муку – прекрасный наполнитель, улучшающий прочностные и гидрофобные характеристики полимерных композиций, а также отработанное машинное масло. Вышедшие из строя по каким-либо причинам железнодорожные шпалы из ДСВКМ не требуют специальной утилизации, т.к. с успехом могут быть использованы в фунда-

ментах малоэтажных зданий, в местах с близко расположенными грунтовыми водами и т.п. В результате экологическая обстановка в лесу и промышленных районах улучшится, создадутся новые рабочие специальности и места, т.е. сократится уровень безработицы в стране.

2. В связи со сложившейся рыночной ситуацией в РФ, когда решающей является отпускная цена шпал, которая не учитывает их долговечность, шпалы из ДСВКМ в первую очередь могут быть рекомендованы для использования в путях, подвергающихся частому обводнению или воздействию агрессивных атмосферных или грунтовых сред; в цехах и на железных дорогах, предназначенных для перевозки крупнотоннажных грузов; в подъездных путях, имеющих большое количество стрелочных переводов и кривых малого радиуса, переездах, метрополитена и т. п.

Библиографический список

1. Железобетонные шпалы для рельсового пути / Под ред. д-ра техн. наук, проф. А.Ф. Золотарского. – М.: Транспорт, 1980. – С. 143.
2. Инструкция по содержанию и ремонту деревянных шпал и брусьев. – М.: Транспорт, 1982. – 96 с.
3. Шпалы деревянные для железных дорог широкой колеи (ГОСТ 78-89). – М.: ГК по стандартам, 1989. – 8 с.
4. Армополимербетоны в транспортном строительстве: Моногр. / Под общ. ред. В.И. Соломатова. – М.: Транспорт, 1979. – 232 с.
5. Мисюк В.С. Способы защиты шпал от врезания подкладок / В.С. Мисюк // Вестник ВНИИ ж.-д. тр-та. – 1962. – № 3. – С.69.
6. Железнодорожные шпалы из древесностекловолокнистого композиционного материала (ДСВКМ) с заданными свойствами / В.И. Харчевников, С.Ю. Зобов, Ю.Н. Бухонов, Т.Н. Стородубцева: Информ. листок № 79-097-00, ГРНТИ 73.29.11. – Воронеж.: ЦНТИ. – 3 с. – (Железнодорож. трансп.).
7. Харчевников В.И. Водостойкий композиционный материал на основе отходов лесного комплекса для железнодорожных шпал / В.И. Харчевников, Т.Н. Стородубцева // Изв. вузов. Строит. – 2002. – № 12. – С. 74–78.
8. Стородубцева Т.Н. Технология отливки шпал из древесностекловолокнистого композиционного материала (ДСВКМ) с использованием оборудования и площадей шпалопильных цехов / Т.Н. Стородубцева // Интеграция науки и высш. лесотехн. образования по упр. качеством леса и лесн. продукции: Материалы Междунар. науч.-практ. конф., Воронеж, 25-27 сент. 2001 г. – Воронеж: Воронеж. гос. лесотехн. акад., 2001. – С. 314–316.
9. Патент № 2215705 РФ. Состав для композиционного материала / В.И. Харчевников, Т.Н. Стородубцева, Ю.А. Репяков; Воронеж. гос. лесотехн. акад. – № 2001110516; Заявл. 17.04.2001; Опубл. 20.11.2003, Бюл. № 31. – 9 с.
10. ТУ 5340-001-02068097-96*) Шпалы для железнодорожных, трамвайных и лесовозных путей на полимерной основе и технологический регламент / В.И. Харчевников, С.Ю. Зобов, Т.Н. Стородубцева.
11. Изготовление и приемка железобетонных шпал. Пособие к ГОСТ 10629-88 и к СН и П 3.09.01-85 «Шпалы железобетонные предварительно напряженные для железных дорог колеи 1520 мм». – М.: ВНИИжелезобетон Госстроя СССР, 1990. – 73 с.
12. Патуроев В.В. Полимербетоны: Моногр. / В.В. Патуроев / НИИ бетона и железобетона. – М.: Стройиздат, 1987. – 286 с.
13. Стородубцева Т.Н. Обеспечение трещиностойкости композиционного материала на основе древесины для железнодорожных шпал при отверждении и всестороннем увлажнении: Автореф. дис. ...канд. техн. наук / Стородубцева Т. Н.; Воронеж. гос. лесотехн. акад. – Воронеж, 1999. – 20 с.
14. J. Gruber. Railway Track & Structures, 1998, N 10, p. 17–23.
15. Новый композиционный материал на основе отходов лесного комплекса для железнодорожных шпал / В.И. Харчевников, О.Р. Дорняк, Т.Н. Стородубцева и др. // Восстановление лесов, ресурсо- и энергосберег. технологии лесн. комплекса: Материалы межвуз. науч.-практ. конф., посвященной 70-летию ВГЛТА, Воронеж, 27-29 сент. 2000 г. – Воронеж: ВГЛТА, 2000. – С. 396–399.
16. Харчевников В.И. Водостойкий композиционный материал на основе отходов лесного комплекса для железнодорожных шпал / В.И. Харчевников, Т.Н. Стородубцева // Изв. вузов. Строит. – 2002. – № 12. – С. 74–78.
17. Бондарев Б.А. Шпалы из древесноволокнистых композиционных материалов для лесовозных железных дорог широкой и узкой колеи: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Б.А. Бондарев. – Воронеж, 1996. – 42 с.
18. Харчевников В.И. Композиционные материалы для шпал лесовозных и общего назначения железных дорог: Моногр. / В.И. Харчевников, Б.А. Бондарев / Под ред. В.И. Харчевникова. – Липецк: ЛГТУ, 1996. – 256 с.
19. Подкладочные плиты для рельсового пути штабелера СПЦ-1 из стекловолокнистого композиционного материала на смоле ФАМ (СВКМ) / В.И. Харчевников, Ю.А. Репяков, Т.Н. Стородубцева и др.: Отчет по теме № 16/01. – Воронеж, 2001. – № госрегистра. 01.200.1 12432. – 31 с.

НАЗНАЧЕНИЕ РАЗМЕРОВ СООРУЖЕНИЙ ОБУСТРОЙСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С УЧЕТОМ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОЙ ВЗАИМОСВЯЗИ ИХ С ДОРОГОЙ И АВТОМОБИЛЕМ

В.К. КУРЬЯНОВ, *ВГЛТА*,
О.Н. БУРМИСТРОВА, *УГТУ*

При проектировании территориальной системы дорога–автомобиль–сооружение обустройства по законам гармоничного единства создаются условия для оптимального психологического состояния водителя. Сооружения обустройства можно запроектировать в таком единстве с дорогой и автомобилем, которое будет вызывать определенный проектировщиками интерес, устанавливая расход психофизической энергии водителя соответственно дорожным условиям.

Гармония сооружения или комплекса сооружений складывается из факторов соразмерности и равновесия, ритма и контраста, масштабности, симметрии и асимметрии, регулирующим звеном которых является пропорциональность. Все выдающиеся архитектурные сооружения различных эпох обладают одним из важнейших качеств – пропорциональностью, пять основополагающих принципов гармонии (большое в малом, соподчиненность, соразмерность, равновесие, единство) зависят от пропорций.

Элементы, составляющие систему дорога – автомобиль – сооружение обустройства, обладают различными признаками, среди последних может быть выделен ведущий для гармонизации – пропорциональная взаимосвязь.

Ведущий признак – это признак целого, которым должны обладать все элементы композиции (принцип повторения целого в его частях, заключающихся в близости элементов системы по ведущему признаку всего целого).

Ведущий признак в элементах композиции обеспечивает преимущество в ходе ее восприятия и облегчает смену зон внимания при переходе от одних элементов к дру-

гим. Так как система дорога–автомобиль–сооружение обустройства является функционально единым комплексом, то ее функциональное единство в первую очередь должно найти соответствующее выражение в пропорциональных связях.

Основным размером видимого в любой момент отрезка дороги является ширина проезжей части. Все остальные размеры элементов поперечного профиля и сооружения обустройства дороги должны быть взаимосвязаны с этой величиной и автомобилем.

Пропорциональная взаимосвязь дороги и сооружений обустройства устанавливается отношениями размеров, которые назначаются для обустройства еще и исходя из условий организации зрительного восприятия и ориентирования в архитектурном бассейне. Отношения размеров и форма обустройства должны создавать при этом нужный на данном участке дороги психологический эффект (зрительный комфорт, психологический акцент). Взаимосвязь сооружений обустройства и неотъемлемого элемента дороги – автомобиля осуществляется через подобию геометрических элементов и форм этих пропорционируемых частей общей системы дорога–автомобиль–сооружение обустройства.

Таким образом, все элементы системы дорога–автомобиль–сооружение обустройства взаимообусловлены пропорциональной взаимосвязью.

Для определения средних размеров каждого типа автомобиля (легкового, грузового и автобуса) использовалась теория математического ожидания, поскольку участие различных марок автомобилей в движение количественно разное.

Вероятность появления на дороге определенной марки автомобиля обозначим через P_i , тогда

$$P_i = \frac{n_i}{N}, \quad (1)$$

где n_i – все случаи появления одной марки автомобиля на дороге (число возможных благоприятных событий);

N – все случаи появления всех марок машин одного типа.

Из теории вероятностей известно, что математическое ожидание случайной величины равно сумме произведений всех возможных значений случайной величины на вероятности этих значений

$$\bar{x} = p_1x_1 + p_2x_2 + p_3x_3 + \dots + p_sx_s = \sum_{i=1}^s p_ix_i, \quad (2)$$

где p_1, p_2, \dots, p_s – вероятности появления каждой марки автомобиля;

x_1, x_2, \dots, x_s – все возможности значения случайной величины.

В нашем случае это будут размеры автомобилей высоты H , ширина B и длина L .

Нами сделана попытка внести коррективы в отношения и размеры грузовых автомобилей, поскольку в настоящее время для вывозки лесоматериалов в хлыстах и деревьях используются автопоезда с роспусками на базе МАЗ, КрАЗ, ЗИЛ. Перерасчет соотношений выполняется для трех автопоездов ЗИЛ, МАЗ и КрАЗ.

Во многих случаях на дорогах можно акцентировать внимание размером, пропорциями и формой объектов. Размеры пропорции в средствах визуальной информации с эргономической точки зрения имеют следующие функциональные качества: информативность, способность организовать последовательность восприятия объекта или его элементов в нужном порядке, способность спецификой самой формы акцентировать внимание и организовывать деятельность водителя определенным образом.

Назначение размеров сооружений обустройства автомобильных дорог с учетом пропорциональной взаимосвязи их с дорогой и автомобилем позволит оптимизировать психофизическое состояние водителей. Гар-

монизация элементов системы дорога–автомобиль–сооружение обустройства, определение их размеров создает дополнительные возможности для повышения безопасности движения, улучшения этики автомобильных дорог.

Таким образом, для повышения эффективности мероприятий по безопасности дорожного движения необходимо исследовать взаимодействие водителя с системой средств организации и регулирования движения. Одно из направлений решения данной задачи состоит в определении оптимального соотношения психофизических возможностей водителя и параметров этой системы. По данным статистики, от 12 до 25 % ДТП совершается в результате повышения водителями скорости движения. В большинстве случаев это связано с неправильной и неточной оценкой скорости движения водителя.

Специфика работы основного анализатора водителя – зрительного характеризуется следующими особенностями, которые необходимо учитывать в мероприятиях по организации движения:

- прогнозирование траектории и контроль скорости движения обеспечиваются центральным зрением;

- текущая информация о скоростном режиме воспринимается с помощью периферического зрения.

В результате исследований установлено, что зрительная оценка водителем скорости движения может осуществляться различными способами. Наиболее точными и надежными являются способ сравнения динамики областей поля зрения по значениям их угловых скоростей.

Проведенный анализ процесса зрительного восприятия позволяет отметить наличие определенной зоны, в которой водитель оценивает скорость движения. Пространственное положение данной зоны зависит от высоты глаз водителя, линейной скорости и траектории движения, и границы ее определяются пороговыми величинами видимой угловой скорости. Обобщенный расчетный параметр, характеризующий воз-

возможности водителя по оценке скорости, может быть выражен отношением протяженности зоны оценки скорости в конкретных дорожных условиях к ее величине при прямолинейном горизонтальном движении. Предельными значениями скорости движения, выше которой точность ее визуальной оценки начинает практически снижаться, являются для центрального зрения 80–90 км/ч, для периферического зрения 70 км/ч.

В применяемой в настоящее время методике нормирования закруглений автомобильных дорог не учитываются особенности зрительного восприятия водителя, а за оценочный критерий принято удобство дви-

жения пассажиров. Результаты исследований позволили установить, что из применяемых в настоящее время кривых наиболее подходящими по удобству зрительного восприятия водителями являются клотоиды. При этом были уточнены их минимальные параметры, которые в зависимости от радиуса должны иметь следующие значения:

– при радиусе от 30 до 100 м

$$A = \frac{185}{R^{0.9} + 110} R^{0.9};$$

– при радиусе от 100 до 600 м

$$A = \frac{180}{R^{0.97} + 110} R^{0.97}.$$

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НЕЖЕСТКОГО ТИПА

В.В. САВЕЛЬЕВ, *МарГТУ, канд. техн. наук*

Дорожная одежда является наиболее дорогим элементом автомобильной дороги и определяет ее транспортно-эксплуатационные качества. Стоимость дорожной одежды в зависимости от типа и конструкции составляет от 40 до 90 % стоимости дороги. По данным за 1980–1996 гг. транспортно-эксплуатационное состояние сети автомобильных дорог России характеризуется следующими цифрами: недостаточная прочность составляет 45 %, недостаточная ровность – 20 %, недоремонт – 60 % протяженности дорог.

Для снижения стоимости дорожной одежды и увеличения ее прочности и ровности необходимо совершенствовать методы проектирования, обосновывать осевые нагрузки автотранспортных средств, применять технико-экономическое сравнение вариантов, разрабатывать и применять программы и системы автоматизированного проектирования и т.д.

Отраслевые дорожные нормы ОДН 218.046-01 [3], введенные в действие в 2001 г. взамен ВСН 46-83 [1], содержат указания по конструированию и расчету жестких дорожных одежд автомобильных дорог общей сети. Следует отметить, что указания

ВСН 46-83 распространялись также и на дорожные одежды лесовозных автомобильных дорог. Указания ОДН 218.046-01 по конструированию и расчету дорожных одежд на прочность незначительно отличаются от положений ВСН 46-83. Методика проверки дорожной конструкции на морозоустойчивость, приведенная в ОДН 218.046-01, претерпела значительные изменения. При расчете параметров подвижной нагрузки введено понятие – суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции за срок службы $\sum N_p$, позволяющее учесть реологические свойства глинистых и песчаных грунтов при назначении их сдвиговых характеристик (сцепления c , МПа, и угла внутреннего трения φ , град.).

Величина N_p приведенной интенсивности воздействия подвижной нагрузки определяется по известной формуле

$$N_p = f_{\text{иэ}} \sum_{m=1}^n N_m S_{m \text{н}oi}. \quad (1)$$

Особенностью ОДН 218.046-01 являются упрощения при определении суммарного коэффициента приведения $S_{\text{сум}}$ (табл.

П.1.3 [3]) и учете влияния колес смежных осей транспортного средства на расчетные значения нагрузок.

Номинальная динамическая нагрузка Q_{dn} на каждую ось многоосных автотранспортных средств (АТС) определяется по формуле (П.1.3) [3]

$$Q_{dn} = K_{a\dot{a}i} K_n Q_n \quad (2)$$

Влияние колес других осей многоосного автотранспортного средства, имеющего двухосные или трехосные тележки, рекомендуется учитывать коэффициентом K_c , вычисляемым по формуле (П.1.4) [3]

$$K_n = \dot{a} - \dot{a} \sqrt{A_m - \dot{n}}, \quad (3)$$

где B_m – расстояние между крайними осями автотранспортного средства;

a, \dot{a}, c – параметры, определяемые в зависимости от капитальности дорожной одежды и числа осей тележки по таблице П.1.2 [3].

По указаниям ВСН 46-83 динамическая (эквивалентная) нагрузка на оси многоосных АТС определяется по формуле 1 прил. 1 [1]

$$Q_{an} = K_{a\dot{a}i} K_g K_q Q_n, \quad (4)$$

где K_g, K_q – коэффициенты, учитывающие влияние колес рассматриваемой оси и других осей АТС и определяемые по формулам (1) и (2) прил.1 [1]

$$K_g = g_{n-1} + 1 + g_{n+1}; \quad (5)$$

$$K_q = q_{j-1} + 1 + q_{j+1}, \quad (6)$$

где g_{n-1}, g_{n+1} – коэффициенты, характеризующие соответственно влияние впереди и сзади идущих колес движущегося транспортного средства на напряженно-деформированное состояние дорожной одежды под рассматриваемым колесом n -ой оси и определяемые по графику [1] в зависимости от отношения расстояния L между осями к диаметру D_δ следа данного колеса;

q_{j-1}, q_{j+1} – коэффициенты, характеризующие дополнительное воздействие других колес данной n -й оси и определяемые по графику [1] в зависимости от отношения расстояния l меж-

ду центрами отпечатков рассматриваемого колеса и других колес (в поперечном направлении) к диаметру D_δ следа заданного колеса.

Коэффициенты g_{n-1} и g_{n+1} определяются по формулам, смоделированным по данным графика на рис. 2 прил. 1 [1], для транспортных средств группы А

$$g_{n+1} = -0,5442 (L/D_\delta)^{-0,4251} + \exp[-0,2287 (L/D_\delta)^{1,1689}] + 0,248; \quad (7)$$

$$g_{n-1} = (L/D_\delta)^{0,0828} + \exp[-0,1623 (L/D_\delta)^{1,439}] - 1,2093. \quad (8)$$

Коэффициенты q_{j-1} и q_{j+1} определяются по формулам, идентифицирующим данные графика на рис. 3 прил. 1 [1], для транспортных средств группы А

$$q_{j-1(j+1)} = (L/D_\delta)^{0,8833} \exp[-0,6816 (L/D_\delta)^{1,105}]. \quad (9)$$

Для проверки адекватности определения коэффициента $S_{m \dot{n}oi}$ по указаниям ОДН 218.046-01 и ВСН 46-83 выполнены расчеты с применением разработанной ЭВМ-программы.

Из анализа данных табл. 1 видно, что назначение коэффициента $S_{m \dot{n}oi}$ по данным табл. П.1.3 ОДН 218.046-01 в зависимости от грузоподъемности автомобилей приводит к завышенным или заниженным значениям. Методики ОДН и ВСН адекватны при определении значений $S_{m \dot{n}oi}$ с помощью коэффициентов \hat{E}_n и K_g для двухосных автомобилей. Однако применение коэффициента \hat{E}_n для учета влияния смежных осей трехосных автомобилей приводит к заниженным значениям $S_{m \dot{n}oi}$. В табл. 2 прил. 1 ВСН 46-83 приведены также заниженные значения коэффициента $S_{m \dot{n}oi}$ для некоторых марок автомобилей.

Таким образом, значения коэффициента $S_{m \dot{n}oi}$ рекомендуется определять по методике ВСН 46-83 с учетом влияния колес рассматриваемой оси и смежных осей автотранспортных средств. При этом учитываются реальные расстояния L между осями и диаметр D_δ следа колес автотранспортных средств.

Результаты определения значений коэффициента $S_{m \text{ пд}i}$

Марка автотранспортного средства	Суммарный коэффициент приведения $S_{m \text{ пд}i}$, определенный				
	по методике ОДН 218.046-01		по методике ВСН 46-83		
	по данным табл. П.1.3 (по грузо- подъемности)	с учетом коэффициента K_c	по данным табл. 2 прил. 1	с учетом коэффици- ента K_g	с учетом коэф- фициентов K_g и K_q
ЗИЛ-130-76	0,70	0,36	0,20	0,36	0,44
Урал-377Н	0,70	0,16	0,29	0,28	0,34
КамАЗ-5320	0,70	0,17	0,27	0,27	0,32
ЗИЛ-ММЗ-554М	0,70	0,38	0,15	0,38	0,47
КамАЗ-5511	1,25	0,54	1,05	0,90	1,07
КрАЗ-256Б1	1,25	1,61	3,48	3,01	3,93
ПАЗ-3201	0,20	0,03	0,03	0,03	0,04
ЛАЗ-695Н	0,70	0,31	0,29	0,31	0,37
ЛАЗ-699Н	0,70	0,41	0,40	0,41	0,48
МАЗ-509А	0,70	0,77	-	0,77	1,19
КрАЗ-255Л1	1,25	0,56	-	1,16	1,49

Примечание. Марки автотранспортных средств приняты для сравнения результатов расчета по данным табл. 2 прил. 1 ВСН 46-83

Последовательность расчета дорожной конструкции на прочность и морозоустойчивость приведена на рис. 1. На основании данной схемы и указаний ОДН 218.046-01 и ВСН 46-83 разработаны математические модели и алгоритмы [4], дополняющие математическое, программное и информационное обеспечения подсистемы автоматизированного проектирования дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог. На базе математических моделей и алгоритмов автором разработаны ЭВМ-программы, позволяющие выполнить автоматизированное проектирование дорожных одежд нежесткого типа (рис. 2).

Определение осевых нагрузок лесовозных автопоездов в зависимости от поставленной задачи производится по двум направлениям:

1) при проектировании новых автомобильных дорог по данным справочника [2] для серийно выпускаемых автотранспортных средств или за счет решения вопросов формирования лесовозных автопоездов;

2) при удлинении, реконструкции или проведении поэтапного повышения прочности дорожных одежд существующих лесовозных дорог на основании статистических исследований фактического использования лесовозных автопоездов на вывозке различных лесоматериалов.

Применение разработанных алгоритмов для автоматизированного проектирования нежесткой дорожной одежды затруднено в связи с наличием значительного количества номограмм, графиков и таблиц. На основании структурно-параметрической идентификации получены математические модели по данным таблиц, номограмм и графиков [1, 3]. При моделировании применены математические модели биотехнического закона, а также полиномы третьей степени и выше.

Например, требуемые минимальные коэффициенты прочности (табл. 3.1 [3]) для расчета различных типов нежестких дорожных одежд по вышеприведенным критериям прочности описываются уравнениями вида

$$\hat{E}_{\text{тв}} = \hat{a}_1 + \hat{a}_2 \hat{E}_i + \hat{a}_3 \hat{E}_i^2 + \hat{a}_4 \hat{E}_i^3, \quad (10)$$

где $\hat{E}_{\text{тв}}$ – требуемый минимальный коэффициент прочности;

\hat{E}_i – заданная надежность;

$\hat{a}_1, \hat{a}_2, \hat{a}_3, \hat{a}_4$ – коэффициенты уравнения

$$\hat{E}_{\text{тв}} = f(\hat{E}_i).$$



Рис. 1. Алгоритм расчета дорожных одежд нежесткого типа на прочность и морозоустойчивость



Рис. 2. Структура подсистемы автоматизированного проектирования дорожных одежд нежесткого типа

Данные других таблиц, номограмм и графиков ОДН 218.046-01 идентифицированы аналогичным образом математическими моделями вида (10), $y = a_1 x^{a_2} \exp(-a_3 x^{a_4})$, $y = a_1 + a_2 x^{a_3} + a_4 x^{a_5}$ или их вариантов.

Номограмма для определения общего модуля упругости двухслойной системы $\hat{A}_{i\ddot{u}}$ (рис. 3.1 [3]), применяемая при расчете дорожной конструкции по допускаемому упругому прогибу, идентифицирована различными зависимостями, предложенными Б.И. Коганом, Е. Барбером, Б.А. Ильиным и др. Однако расчет дорожных одежд по допускаемому упругому прогибу с применением этих зависимостей приводят к заниженным или завышенным результатам, так как расхождение между расчетными значениями и данными номограммы в некоторых ее точках достигает 15 % и более.

Для увеличения точности расчетов номограмма (рис. 3.1 [3]) представлена в виде массива величин отношений $\hat{A}_{i\ddot{u}}^{(i)} / \hat{A}_i$ в зависимости от значений

$$h_i / D = 0,0; 0,1; 0,2; \dots; 1,9; 2,0 \text{ и}$$

$$\hat{A}_{i\ddot{u}}^{(i+1)} / \hat{A}_i = 0,0; 0,05; 0,1; \dots; 0,80; 0,85; 0,90 .$$

Определение величины $\hat{A}_{i\ddot{u}}^{(i)}$ или толщины слоя h_i производится интерполяцией

данных массива по разработанному алгоритму с применением зависимостей

$$\hat{A}_{i\ddot{u}}^{(i)} / E_i = f(\hat{A}_{i\ddot{u}}^{(i+1)} / E_i; h_i / D) \text{ или}$$

$$h_i / D = f(\hat{A}_{i\ddot{u}}^{(i)} / E_i; \hat{A}_{i\ddot{u}}^{(i+1)} / E_i).$$

Для оценки влияния параметров расчетной нагрузки на конструкцию нежестких дорожных одежд переходного типа выполнены расчеты на прочность и морозоустойчивость с применением разработанного комплекса программ автоматизированного проектирования (табл. 2).

Анализ данных табл. 2 показывает, что толщина слоев дорожных одежд переходного типа зависит как от параметров расчетной нагрузки, так и от методики определения параметров подвижной нагрузки. Наибольшие значения толщины слоев дорожной одежды имеют место в случае определения значений N_p и $\sum N_p$ по методике ВСН 46-83 с учетом дополнительного воздействия других колес n -й оси автотранспортных средств. Увеличение толщины слоев дорожной одежды происходит при приведении воздействия на дорожную конструкцию автотранспортных средств m -ой марки к расчетному автомобилю МАЗ-509А, расчетные параметры которого ниже соответствующих значений расчетного автомобиля группы A_1 .

Т а б л и ц а 2

Результаты расчета дорожной одежды переходного типа на прочность

Расчетные параметры	Расчетный автомобиль					
	МАЗ-509А			группы A_1		
	Методика расчета					
	ОДН	ВСН (1)	ВСН (2)	ОДН	ВСН (1)	ВСН (2)
Приведенная интенсивность воздействия нагрузки N_p	316,9	367,3	315,0	275,2	319,0	273,6
Суммарное число приложений расчетной нагрузки $\sum N_p$	259693	299045	257239	225575	259758	223444
Требуемый общий модуль упругости $\hat{A}_{o\ddot{d}}$, МПа	183,9	190,0	183,5	177,9	183,9	177,5
Общий модуль упругости конструкции $\hat{A}_{i\ddot{u}}$, МПа	165,5	171,0	165,2	160,1	165,5	159,7
Толщина слоя одежды, см:						
– покрытие из щебеночной смеси ($\hat{A}_1 = 300$ МПа)	28	30	27	26	28	26
– основание из песка средней крупности ($\hat{A}_2 = 120$ МПа)	46	48	50	45	47	45

Примечание. Методика ВСН 46-83: учет дополнительного воздействия других колес n -й оси – ВСН (1); а без учета – ВСН (2)

Следовательно, определение значений N_p и $\sum N_p$ следует выполнять по методике ВСН 46-83 с учетом дополнительного воздействия других колес n -й оси автотранспортных средств. Применение методики ОДН 218.046-01 для этих целей приводит к уменьшению толщины слоев дорожной одежды и снижению прочности дорожной конструкции. Прочность дорожной одежды в значительной степени зависит от правильности выбора расчетного автомобиля из состава систематически обрабатываемых автотранспортных средств по дороге с учетом перспективы изменения состава движения к концу межремонтного срока. Применение в качестве расчетной нагрузки расчетного автомобиля группы A_1 приводит к снижению толщины слоев дорожной одежды.

Расчеты показывают, что на конструкцию дорожных одежд оказывают наибольшее влияние следующие факторы и параметры подвижной нагрузки:

1) расчетное автотранспортное средство (лесовозный автопоезд или автомобиль с наибольшими осевыми нагрузками и расчетный автомобиль группы A), определяющее расчетную динамическую нагрузку от колеса на покрытие;

2) методика определения приведенной интенсивности движения N_p ;

3) значения номинальных статических и динамических нагрузок на колеса всех осей автотранспортных средств в составе перспективного движения по дороге;

4) диаметр отпечатка D и давление воздуха в шинах p_g колес расчетного автомобиля и рассматриваемых автотранспортных средств.

Разработанные математические модели и алгоритмы можно применять в практических расчетах дорожных одежд нежесткого типа на прочность и морозоустойчивость при ручном расчете и автоматизированном проектировании [4].

Библиографический список

1. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа. ВСН 46-83. Министерство транспортного строительства СССР. – М.: Транспорт, 1985. – 157 с.
2. Краткий автомобильный справочник / А.Н. Понизовкин, Ю.И. Власко, М.Б. Ляшков и др. – М.: АО Трансконсалтинг, НИИАТ, 1994. – 779 с.
3. Проектирование нежестких дорожных одежд. ОДН 218.046-01. – М.: Государственная служба дорожного хозяйства Министерства транспорта РФ, 2001. – 145 с.
4. Савельев В.В. Проектирование дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог: Учебное пособие / В.В. Савельев. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. – 180 с.

МЕТОДИКА ВЫБОРА СПОСОБА РАЗМЕЩЕНИЯ ДЛИННОМЕРНЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ НА АВТОПОЕЗДЕ

М.Ю. СМИРНОВ, доц. МарГТУ, заслуженный работник лесной промышленности Республики Марий Эл, канд. техн. наук

Нормальная эксплуатация лесовозных автопоездов и рациональное использование их грузоподъемности немыслимы без своевременного учета природно-производственных условий работы. Таксационные показатели лесосечного фонда и дорожные условия в значительной степени определяют вид вывозимых лесоматериалов и основные параметры размещения перевозимого груза на кониках лесотранспортного средства.

Для определения рациональной длины перевозимых лесоматериалов, выбора способа загрузки автопоезда, оптимизации параметров расположения пачки на кониках и решения ряда других инженерных задач может использоваться разработанная модель, схема которой приведена на рис. 1.

В качестве входной информации в модели используются следующие данные о лесосеке и подвижном составе: породный состав древостоя; ликвидный запас древеси-

ны на лесосеке q' , м³/ га; средние диаметры деревьев на уровне груди по составляющим породам $D_{\bar{n}0j}$, см; средние высоты деревьев по составляющим породам $H_{\bar{n}0j}$, м; площадь лесосеки S_e , га; месторасположение лесосеки (лесозаготовительный район); технические характеристики подвижного состава и навесных автомобильных гидравлических манипуляторов; система действующих весовых и габаритных ограничений параметров автотранспортных средств.

Математическая модель состоит из трех основных частей. В первой части (блоки 8 – 11) моделируются параметры всех деревьев на лесосеке: порода; диаметр на высоте груди; высота, объем, масса ствола; расстояние от плоскости среза до центра тяжести ствола. В основу этих блоков положен соответствующий математический аппарат, разработанный в ЦНИИМЭ [1] и МГУЛе [2].

Во второй части математической модели (блоки 12 – 15) из стволов деревьев формируются пачки объемом, не меньшим объема ваза, определяются параметры пачек, рассчитываются параметры средней пачки и коэффициенты уравнения грузовой линии пачки единичного объема (18).

В третьей части модели (блоки 16 – 32) осуществляется выбор способа загрузки и расчет параметров размещения лесоматериалов на автопоезде.

Моделирование породы дерева основано на сравнении присвоенного дереву порядкового номера i с численностями n_j представленных в лесосеке деревьев различной породы j . Расчет (формирование) этих численностей осуществляется по формуле

$$n_j = 127,3 \frac{\gamma_e \cdot S_e \cdot v_j}{D_{\bar{n}0j}^2 (\hat{e}_j H_{\bar{n}0j} + a_j)}, \quad (1)$$

где n_j – число деревьев на лесосеке j -й породы, шт.;

v_j – коэффициент состава j -й породы в древостое, %;

\hat{e}_j и a_j – эмпирические коэффициенты, зависящие от древесной породы.

Диаметр дерева на уровне груди (1,3 м) и полная высота дерева – случайные взаимозависимые величины. Дерево каждой

породы с разной величиной диаметра имеет различные распределения вероятностей высоты.

Совместная аналитическая функция распределения диаметров и высот деревьев в научной литературе не рассматривается. Исследованиями ЦНИИМЭ [1] установлена возможность моделирования этих параметров деревьев по законам их распределения.

Диаметр дерева моделируется методом Монте-Карло [4] как случайная величина, распределенная по логнормальному закону

$$D_{ij} = \exp \left(\beta_{\bar{n}0} \sqrt{-2 \ln \xi_1} \cdot \sin 2\pi \xi_2 + d_j \right), \quad (2)$$

где D_{ij} – диаметр i -го дерева на уровне груди, см;

ξ_1 и ξ_2 – случайные числа, равномерно распределенные в интервале (0; 1);

$\beta_{\bar{n}0}$ – параметр распределения, зависящий от района лесозаготовок;

d_j – параметр распределения, определяемый по формуле

$$d_j = \ln D_{\bar{n}0j} - 0,5^2 \beta_{\bar{n}0}.$$

Высота деревьев моделируется как случайная величина, распределенная по нормальному закону

$$H_{ij} = \bar{H}_{ij} + \sigma_{ij} \sqrt{-2 \ln \xi_3} \cdot \cos 2\pi \xi_4, \quad (3)$$

где H_{ij} – искомая (моделируемая) высота, м;

\bar{H}_{ij} – математическое ожидание высоты, м;

ξ_3 и ξ_4 – случайные числа, равномерно распределенные в интервале (0; 1);

σ_{ij} – среднее квадратическое отклонение.

Величина \bar{H}_{ij} вычисляется по уравнению

$$\bar{H}_{ij} = H_{cpj} \frac{a_{1j} + \frac{a_{2j}}{D_{ij}} + \frac{a_{3j}}{D_{ij}^2}}{a_{1j} + \frac{a_{2j}}{D_{c0j}} + \frac{a_{3j}}{D_{\bar{n}0j}^2}}, \quad (4)$$

где a_{1j} , a_{2j} , a_{3j} – эмпирические коэффициенты, зависящие от древесной породы.

Смоделированное значение H_{ij} проверяется на соответствие ограничению

$$|\bar{H}_{ij} - H_{ij}| \leq 3\sigma_{ij}. \quad (5)$$

Если оно удовлетворяется, то найденное значение H_{ij} присваивается i -му дереву j -й породы. В противном случае процедура моделирования повторяется.

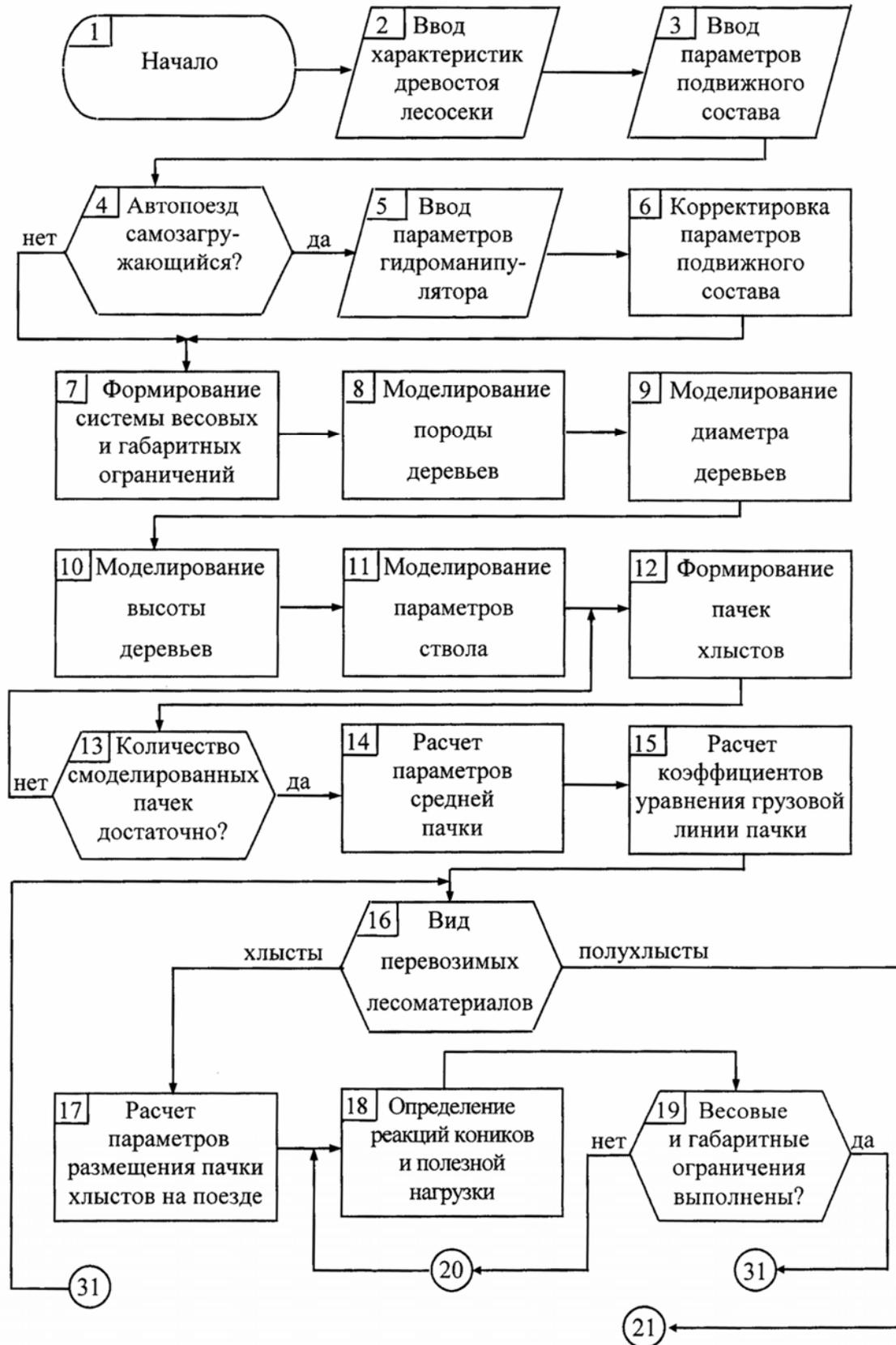


Рис. 1. Схема модели расчета параметров размещения длинномерных лесоматериалов на кониках автопоезда

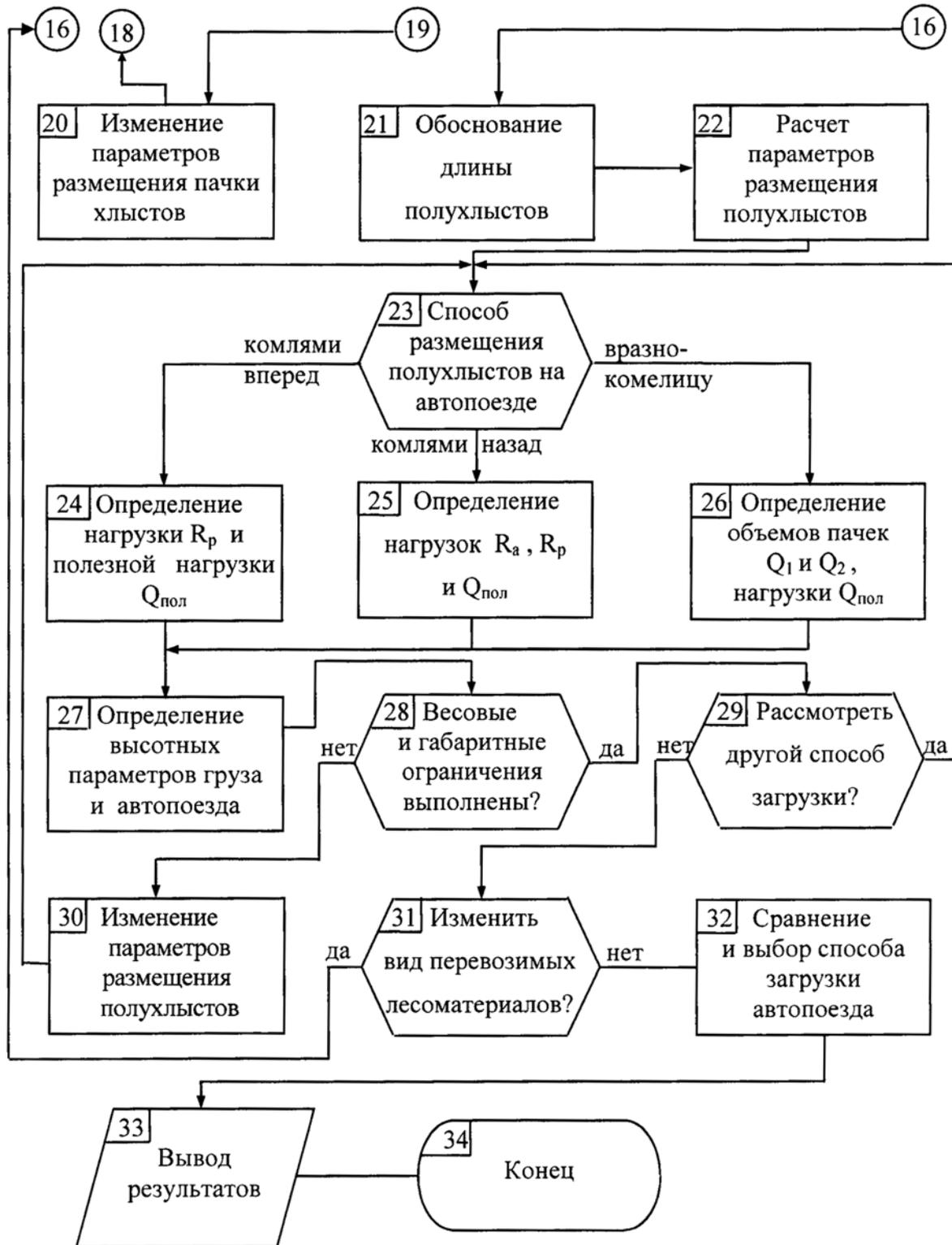


Рис. 1. (окончание)

По величине D_{ij} и H_{ij} определяются параметры ствола дерева

$$V_{cij} = 0,25 \pi D_{0,5ij}^2 H_{ij} A_1 ;$$

$$\dot{I}_{cij} = 0,25 \pi D_{0,5ij}^2 H_{ij} \gamma_{ij} A_2 ; h_{cij} = H_{ij} A_3 , \quad (6)$$

где V_{cij} – объем ствола дерева, м³;

M_{cij} – масса ствола, т;

h_{cij} – расстояние от плоскости среза до центра тяжести, м;

$D_{0,5ij}$ – диаметр дерева на середине высоты, см;

A_1, A_2, A_3 – эмпирические коэффициенты, зависящие от формы образующей ствола и древесной породы.

Диаметр ствола на середине высоты вычисляется по уравнению

$$D_{0,5ij} = D_{ij} \left(a_0 + a_1 \frac{1,3}{H_{ij}} + a_2 \frac{1,7}{H_{ij}^2} + a_3 \frac{2,2}{H_{ij}^3} + a_4 \frac{2,9}{H_{ij}^4} \right)^{-1} , \quad (7)$$

где a_0, a_1, \dots, a_4 – эмпирические коэффициенты, зависящие от формы образующей ствола.

Плотность древесины ствола γ_{ij} моделируется как случайная, нормально распределенная величина с математическим ожиданием $\bar{\gamma}_j$ и средним квадратическим отклонением $\sigma_{\gamma_j} = 0,1 \bar{\gamma}_j$ по формуле

$$\gamma_{ij} = \sigma_{\gamma_j} \sqrt{2} \left(\sum_{\xi=1}^6 \xi_{\xi} - 3 \right) + \bar{\gamma}_j , \quad (8)$$

где ξ_{ξ} – независимые случайные числа, равномерно распределенные в интервале (0; 1).

Форма образующей ствола также определяется методом Монте-Карло как случайная, нормально распределенная величина с математическим ожиданием \bar{q}_c и средним квадратическим отклонением $\sigma_q = 0,07 \bar{q}_c$, а затем проверяется соответствие найденного значения неравенству

$$q_c > 0,674 - 0,00143 H_{ij} . \quad (9)$$

Если оно соблюдается, ствол имеет форму образующей I типа, если нет – II типа.

После окончания моделирования основных параметров ствола каждого дерева на лесосеке осуществляется формирование пачек стволов (хлыстов). Выбор ствола де-

рева для его включения в пачку осуществляется случайным образом методом Монте-Карло. Объем формируемой пачки не должен быть меньше объема перевозимых за рейс лесоматериалов.

В процессе вычислений определяются следующие параметры пачки стволов деревьев (хлыстов):

наибольшая длина дерева в пачке

$$\ell_g = \max H_{ij} ; \quad (10)$$

длина пачки хлыстов, которая в большинстве случаев составляет $\ell_j = 0,9 \ell_g$ [5]. Длиной пачки считается расстояние от плоскости среза комлей до среза последних вершин, диаметр которых не менее 8 см. Если длина какого-нибудь хлыста в пачке оказывается намного длиннее остальных, то в этом случае длина пачки определяется без учета длины этого хлыста;

длина самого короткого хлыста в пачке

$$\ell_{\text{о\ddot{e} min}} = 0,9 \min H_{ij} . \quad (11)$$

При длине хлыста, исключающей возможность его размещения на кониках подвижного состава, он не может быть включен в пачку;

площадь поперечного сечения древесной массы пачки на расстоянии 1,3 м от комлевого среза

$$S_m = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \frac{\pi D_{ij}^2}{4} ; \quad (12)$$

число хлыстов в пачке

$$n_{\text{о\ddot{e}}} = \sum_{j=1}^m n_j^I , \quad (13)$$

где n_j^I – число хлыстов в пачке j -й породы;

объем пачки

$$Q_j = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n V_{cij} ; \quad (14)$$

масса пачки

$$\dot{I}_j = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \dot{I}_{cij} ; \quad (15)$$

плотность древесины (древесина в коре)

$$\gamma_j = \dot{I}_j / Q_j . \quad (16)$$

Значение S_o следует пересчитать для пачки объемом в 1 м³ по формуле

$$S'_m = S_m / Q_j, \quad (17)$$

где S'_m – площадь поперечного сечения древесной массы пачки единичного объема на расстоянии 1,3 м от комля.

Минимальное число N смоделированных пачек должно быть не менее представительного объема выборки, необходимого для определения с заданной точностью (5 %) наиболее вероятных значений параметров средней пачки для условий конкретной лесосеки.

Оценка достаточности значения N может осуществляться по следующей методике. Вначале моделируется небольшое число пачек хлыстов, например $N = 50$. Полученные значения параметров пачек подвергаются статистической обработке. Для этого определяют среднее арифметическое, дисперсию, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, показатель точности среднего значения, а затем вычисляют необходимое число наблюдений по формуле

$$N_1 = t^2 V^2 / \varepsilon^2,$$

где t – критерий Стьюдента;

V – коэффициент вариации, %;

ε – относительная допускаемая ошибка, %.

Если для всех параметров пачки выполняется условие $N_1 \leq N$, то число смоделированных пачек считается достаточным. В противном случае объем выборки следует увеличить и повторить процесс статистической обработки данных.

По средним статистическим характеристикам параметров пачки определяются коэффициенты уравнения грузовой линии пачки хлыстов З.С. Цофина [3], рассчитанные для пачки объемом 1 м^3

$$q' = q'_0 - \varepsilon \delta^\mu, \quad (18)$$

где q' – интенсивность изменения массы пачки хлыстов единичного объема в произвольном поперечном сечении, т/м;

q'_0 – то же в начальном комлевом сечении, т/м.

Вначале вычисляется коэффициент формы пачки по формуле

$$\hat{E}_{\delta I} = 1 / \sqrt{S'_m} \bar{\ell}_j. \quad (19)$$

Интенсивность собственной массы пачки единичного объема в сечении на расстоянии 1,3 м от комля

$$q'_m = S'_m \gamma_j. \quad (20)$$

Показатель степени μ находится методом последовательного приближения из трансцендентного уравнения

$$\frac{(\mu + 1) \bar{\ell}_g^\mu - \bar{\ell}_j^\mu}{(\mu + 1) (\bar{\ell}_g^\mu - 1,3^\mu)} = \hat{E}_{\delta I}. \quad (21)$$

Интенсивность собственной массы пачки единичного объема в начальном (комлевом) сечении

$$q'_0 = q'_m + 1,3^\mu. \quad (22)$$

Полученное уравнение (18) позволяет решать задачи, связанные с оптимизацией параметров пачки перевозимых лесоматериалов и ее размещения на кониках подвижного состава, благодаря следующим его свойствам:

коэффициенты q , q_0 и k прямо пропорциональны объему пачки и плотности древесины

$$q = q' Q_j = (q'_0 - \varepsilon \delta^\mu) Q_j;$$

коэффициент μ при данных таксационных показателях не зависит от объема и плотности древесины пачки;

влияние всех прочих таксационных показателей на числовые значения коэффициентов уравнения в конечном счете выражается через длину и коэффициент формы пачки.

По значениям коэффициентов уравнения грузовой линии пачки хлыстов определяются:

масса части пачки, расположенной между любыми точками δ_1 и δ_2 на оси абсцисс

$$I_{\delta_1 \delta_2} = \int_{\delta_1}^{\delta_2} q dx = q_0 (\delta_2 - \delta_1) - \frac{\varepsilon}{\mu + 1} (\delta_2^{\mu+1} - \delta_1^{\mu+1}); \quad (23)$$

расстояние от комлевого конца пачки до ее центра тяжести

$$\varepsilon_i = \frac{\int_0^{\ell_i} q x dx}{\int_0^{\ell_i} q d \delta} = \frac{\ell_i}{2} \cdot \frac{q_0 - \frac{2\varepsilon}{\mu+2} \ell_i^\mu}{q_0 - \frac{\varepsilon}{\mu+1} \ell_i^\mu}; \quad (24)$$

опорные реакции коников подвижно-го состава;

полная площадь пачки лесоматериалов в любом поперечном сечении

$$S_i = q/\bar{\gamma}_i \hat{e}_i ; \quad (25)$$

высота пачки от подошвы коника

$$h_i = S_i/b_i \hat{e}_s . \quad (26)$$

Значение \hat{e}_i в формуле (25) определялось по зависимости [8] с учетом способа загрузки автопоезда.

В последней части данной модели (блоки 16-34) рассчитываются параметры размещения пачки хлыстов на автопоезде.

Методика размещения хлыстов на лесовозном поезде достаточно полно изложена в учебнике [6]. При вывозке хлыстов полной длины двухзвенными автопоездами практически единственным способом регулирования распределения нагрузки от массы перевозимого груза является изменение длины дышла прицепа-ропуска.

При вывозке автопоездами длинномерных лесоматериалов с использованием дорог общей сети вначале следует обосновать максимально возможную длину полухлыстов из условия соблюдения габарита поезда по длине

$$L_{i0} = L_a - l_e - b_{oi} , \quad (27)$$

где L_{i0} – длина полухлыстов, м;

L_a – габаритная длина автопоезда, м;

l_k – расстояние от переднего бампера до задней части кабины автомобиля, м;

b_{oi} – расстояние между кабиной и полухлыстами, определяемое из условия размещения гидроманипулятора и соблюдения необходимого зазора между ним и грузом, м.

Минимальное расстояние между кониками автопоезда при вывозке полухлыстов определяется из формулы

$$b = L_{i0} - a - \tilde{n} , \quad (28)$$

где a – свес лесоматериалов за коник автомобиля, м;

c – задний свес за коник роспуска, м.

Размещение полухлыстов на двухзвенном автопоезде возможно тремя основ-

ными способами: комлями вперед; комлями назад; вразнокомлецу при равных или неравных объемах пачек, погруженных комлями вперед и назад. При данных способах загрузки лесоматериалов расчет рациональных параметров размещения полухлыстов на кониках автопоезда производится по следующей методике.

При вывозке полухлыстов с погрузкой комлями вперед полезную нагрузку на автопоезд $Q_{пол}$ и нагрузку на коник прицепа-ропуска R_p определяют по формулам, принимая $R_a = Q_a$

$$Q_{i0} = \frac{R_a \cdot b}{\gamma_{i0} (L_{i0} - r \cdot L_{i0} - \tilde{n})}; \quad (29)$$

$$R_{\delta} = Q_{i0} \cdot \gamma_{i0} - R_a ,$$

где $Q_{пол}$ – полезный объем перевозимых лесоматериалов, м³;

Q_a – грузоподъемность автомобиля, т;

γ_{cp} – средняя плотность древесины, т/м³;

r – отношение расстояния от комлевых торцов полухлыстов до центра тяжести пачки к ее длине $r = \varepsilon_i/L_{i0}$,

где ε_i – расстояние от плоскости торцов комлей до центра тяжести пачки, м.

Параметр r зависит от величины обрезки вершин хлыстов и для усредненных значений определяется по графику [7] в зависимости от величины обрезки вершин хлыстов $\Delta L = (L_{oi} - L_{i0})/L_{i0}$ или по формуле

$$r = 0,33 + 0,279 \cdot \Delta L - 0,214 \cdot \Delta L^2 .$$

Для определения степени использования габарита по высоте необходимо установить фактическую высоту груженого автопоезда в створах коников и сравнить ее с габаритным значением $H_{Г} = 4$ м.

Фактическая высота автопоезда определяется по формуле

$$i_{\delta} = h_0 + h_i ,$$

где h_0 – начальная высота погрузки, м.

При вывозке полухлыстов с погрузкой комлями назад реакции коников автомобиля R_a и прицепа-ропуска R_p и величину полезной нагрузки $Q_{пол}$ определяют по формулам

$$\begin{cases} R_a = Q_{i\bar{e}} \cdot \gamma_{\bar{n}\delta} (r \cdot L_{i\bar{O}} - a) / b; \\ R_p = Q_{i\bar{e}} \cdot \gamma_{\bar{n}\delta} (L_{i\bar{O}} - r \cdot L_{i\bar{O}} - a) / b; \\ Q_{i\bar{e}} = (R_a + R_p) / \gamma_{\bar{n}\delta}. \end{cases} \quad (30)$$

При вывозке полухлыстов с погрузкой вразнокомелицу следует определить объемы пачек лесоматериалов Q_1 и Q_2 , погрузаемых соответственно комлями назад и комлями вперед. Значения объемов Q_1 и Q_2 вычисляются из системы уравнений

$$\begin{cases} R_a = [Q_1 \cdot \gamma_{\bar{n}\delta} (L_{i\bar{O}} - r \cdot L_{i\bar{O}} - \bar{n}) + Q_2 \cdot \gamma_{\bar{n}\delta} (r \cdot L_{i\bar{O}} - \bar{n})] / b; \\ R_p = [Q_1 \cdot \gamma_{\bar{n}\delta} (r \cdot L_{i\bar{O}} - a) + Q_2 \cdot \gamma_{\bar{n}\delta} (L_{i\bar{O}} - r \cdot L_{i\bar{O}} - a)] / b. \end{cases} \quad (31)$$

При этом величины R_a и R_p принимают равными паспортным грузоподъемностям автомобиля Q_a и прицепа-ропуски Q_o .

Нагрузка на рейс при погрузке полухлыстов вразнокомелицу составит

$$Q_{пол} = Q_1 + Q_2.$$

Поставленная задача может быть решена при выполнении двух условий погрузки полухлыстов вразнокомелицу: при равных объемах пачек $Q_1 = Q_2$ и при $Q_1 \neq Q_2$.

Варьирование параметров размещения пачки полухлыстов на кониках производится в случае, если не выполняются весовые и габаритные ограничения параметров автопоезда.

Для оптимизации параметров пачки перевозимых лесоматериалов и их размещения на кониках подвижного состава приняты следующие критерии:

минимум недогрузки (перегрузки) коников лесовозного подвижного состава

$$R = (Q_a - R_a)^2 + (Q_o - R_o)^2 = \min R, \quad (32)$$

где Q_a и Q_o – нормативная грузоподъемность коников подвижного состава;

максимум полезной нагрузки

$$I_{ij} = Q_a + Q_o = \max I_{ij}. \quad (33)$$

При решении поставленной задачи учитывалась совокупность весовых и габаритных ограничений, накладываемых на систему «пачка лесоматериалов – автопоезд» в связи с работой на дорогах общего пользования:

1) весовые ограничения

$$Q_{i\min} \leq R_i \leq Q_i^I; \quad E_i \leq P_i \max, \quad (34)$$

где R_i – фактическая нагрузка на коник автопоезда;

Q_i^H – минимальная допустимая нагрузка на автомобиль по условиям сцепления;

P_i – фактическая осевая нагрузка;

$P_{i\max}$ – допустимая нагрузка на ось;

2) габаритные ограничения полной длины $L_{i\bar{u}}$, ширины $b_{A\bar{i}}$ и высоты $h_{A\bar{i}}$ автомобильного поезда

$$L_{i\bar{u}} \leq L_{i\bar{u}\max}; \quad b_{A\bar{i}} \leq b_{A\bar{i}\max}; \quad h_{A\bar{i}} \leq h_{A\bar{i}\max}, \quad (35)$$

где $L_{i\bar{u}\max}$, $b_{A\bar{i}\max}$, $h_{A\bar{i}\max}$ – допустимые габаритные размеры автопоезда;

3) ограничения свесов лесоматериалов за коники подвижного состава

$$a_{\min} \leq a \leq a_{\max}; \quad c_{\min} \leq c \leq c_{\max}. \quad (36)$$

Расчет реакций коников R_a и R_p и других параметров размещения пачки лесоматериалов на автопоезде выполнялся методом случайного поиска.

Вероятностный характер перебора вариантов позволяет статистически оценить точность решения при определенном числе проб или определить требуемое число проб при заданной точности результата.

Схема подпрограммы алгоритма моделирования параметров размещения пачки лесоматериалов на кониках подвижного состава при различных способах загрузки приведена на рис. 2.

Рациональный способ погрузки полухлыстов выбирается путем сравнения вариантов при обеспечении максимально возможной загрузки коников автопоезда и размещении на нем пачки лесоматериалов с соблюдением ограничений весовых и габаритных параметров. При выборе способа загрузки автопоезда также следует учитывать технологические особенности погрузочно-разгрузочных процессов и смежных фаз лесозаготовительного производства. Оптимальные значения объема пачки лесоматериалов, реакций коников автомобиля и ропуска и параметров расположения лесоматериалов на кониках рекомендуется находить методом случайного поиска в соответствии с принятыми критериями оптимальности и граничными условиями.

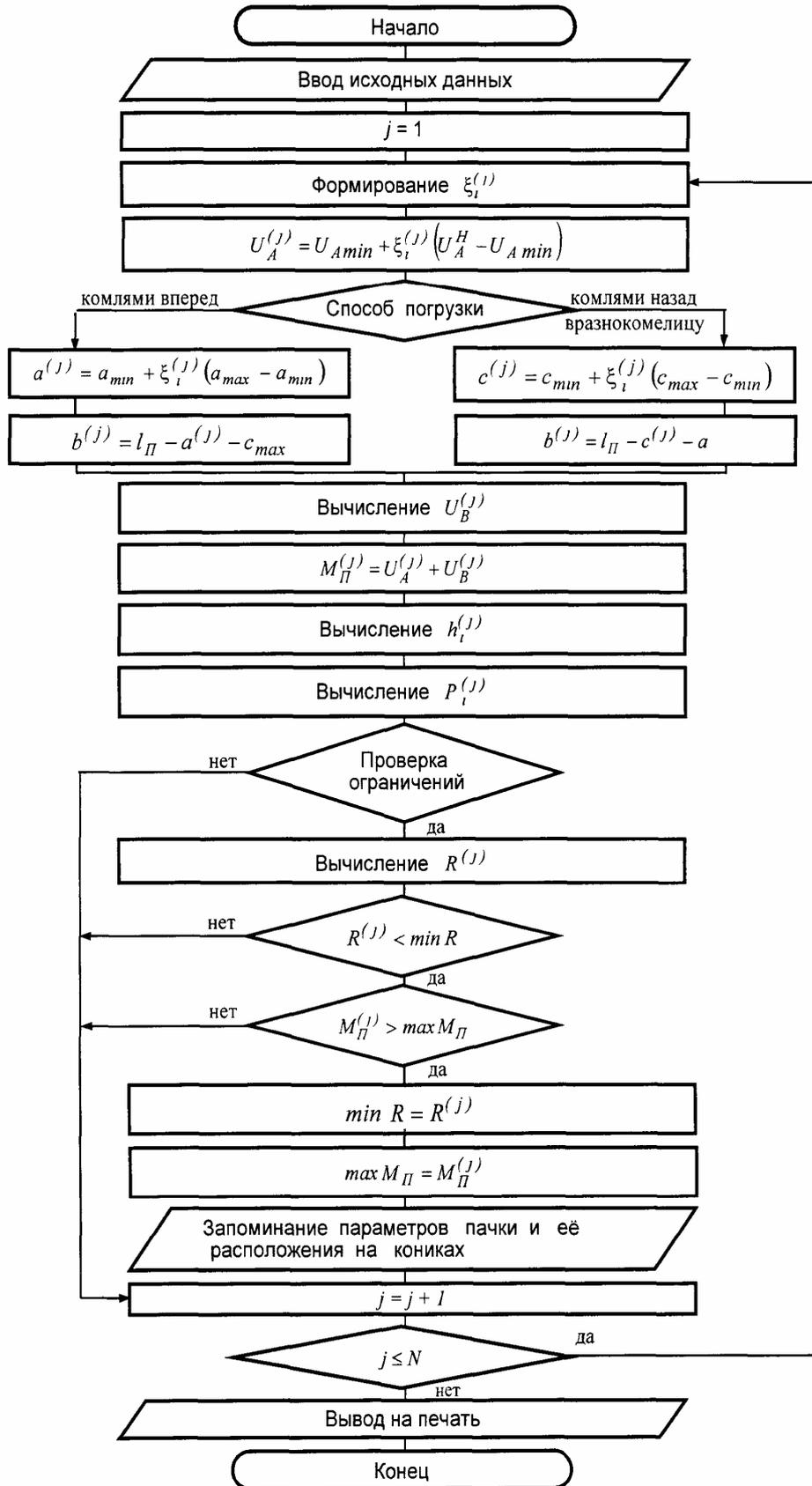


Рис. 2. Схема алгоритма подпрограммы моделирования параметров размещения лесоматериалов на кониках автопоезда пачки

Библиографический список

1. Брейтер В.С. Статистическое моделирование эксплуатационных параметров деревьев в различных районах страны / В.С. Брайтер // Перспективная технология и организация лесозаготовительного производства: Труды ЦНИИМЭ. – Химки, 1977. – С. 38-49.
2. Алябьев В.И. Моделирование и оптимизация производственных процессов на лесозаготовках: Учебное пособие. Часть I / В.И. Алябьев. – М., 1978. – 112 с.
3. Цофин З.С. Исследование изменения интенсивности нагрузки от собственного веса пакета хлыстов / З.С. Цофин // Вопросы лесотранспорта: Сб. науч. тр. ЦНИИМЭ. – Химки, 1961. – С. 73–94.
4. Соболев И.М. Метод Монте-Карло / И.М. Соболев. – М.: Наука, 1985. – 78 с.
5. Кувалдин Б.И. Прицепной состав лесовозных дорог / Б.И. Кувалдин. – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 240 с.
6. Сухопутный транспорт леса / В.И. Алябьев, Б.А. Ильин, Г.Ф. Грехов. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 416 с.
7. Смирнов М.Ю. Новые способы заготовки и вывозки древесины / М.Ю. Смирнов, А.Д. Грязин, Ю.А. Ширнин. – Йошкар-Ола: МарПИ, 1993. – 104 с.
8. Смирнов М.Ю. Исследование изменения коэффициента полндревесности пачки хлыстов по ее длине / М.Ю. Смирнов; Марийск. политехн. ин-т. – Йошкар-Ола, 1987. – 14 с. – Деп. в ВНИПИЭИ-леспром 03.02.88, № 2165-лб 88.

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПОЛОСЫ ОТВОДА НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

С.И. БУЛДАКОВ, *зав. каф. транспорта и дорожного строительства УГЛТУ, канд. техн. наук*,
 А.А. ЧИЖОВ, *асп. каф. транспорта и дорожного строительства УГЛТУ*

В настоящее время полоса отвода автомобильных дорог практически рассматривается как производная проектных решений по размещению транспортного сооружения. Согласно нормам отвода земель для автомобильных дорог [1] ширину отводимой полосы земли определяют категорией дороги, количеством полос движения, высотой насыпи или глубиной выемки, характеристикой грунтов, наличием искусственных сооружений и фактически ограничивают границами земляного полотна, увеличенными с каждой стороны на 1 м.

Земляное полотно имеет определенное очертание, геометрические размеры которого устанавливаются его поперечным профилем.

Ширина основания земляного полотна насыпи или до бровок выемки B_0 равна [2]:

для горизонтального участка

$$B_0 = B + 2mH, \tag{1}$$

для косогора

$$B_0 = \left(\frac{B}{2} + mH \right) \left(\frac{n}{n+m} + \frac{n}{n-m} \right), \tag{2}$$

где B – ширина земляного полотна, на уровне бровки земляного полотна, м;
 H – высота насыпи или глубина выемки, м;
 m – коэффициент заложения, откоса ;
 n – крутизна склона на местности.

В обычных природно-климатических условиях применяют типовые решения поперечного профиля, в сложных условиях рельефа, неблагоприятных гидрогеологических условиях и высоких насыпях проектируется индивидуальный поперечный профиль земляного полотна.

В таблице приведены результаты наших расчетов необходимой ширины полосы отвода для типовых поперечных профилей земляного полотна, разработанных СОЮЗ-ДОРПРОЕКТОМ [3] для II и IV категории дороги.

Анализ табл. 1 показывает, что ширина полосы отвода существенно зависит от типа поперечного профиля и в меньшей степени от категории дороги. Её ширина колеблется от 21 м при высоте насыпи $h = 1,0$ м до 78 м при $h = 12$ м для дороги II категории и соответственно от 16 м до 67 м для дороги IV категории.

Зависимость полосы отвода от типа поперечного профиля земляного полотна

Тип поперечного профиля	Ширина полосы отвода, м. Категория дороги	
	II	IV
1 – насыпь высотой до 3 м с боковыми резервами	45	33
2 – насыпь высотой до 3 м с кюветами	33	28
3 – насыпь высотой до 6 м	35	30
4 – насыпь высотой до 12 м	53	48
5 – насыпь с высотой низового откоса до 12 м на склонах крутизной 1:10 – 1:5 – склон крутизной 1:10, верховой откос < 3 м – склон крутизной 1:5, верховой откос < 3 м – склон крутизной 1:10, верховой откос < 6 м – склон крутизной 1:5, верховой откос < 6 м	65 53 51 46	60 48 46 41
6 – насыпь с высотой низового откоса до 12 м на склонах крутизной 1:5 – 1:3 – склон крутизной 1:5, верховой откос < 2 м – склон крутизной 1:3, верховой откос < 2 м – склон крутизной 1:5, верховой откос < 6 м – склон крутизной 1:3, верховой откос < 6 м	49 48 49 46	51 42 44 40
7А – выемки глубиной до 1 м	21	16
7Б – выемки глубиной до 1 м	20	15
8 – выемки глубиной до 1 м	26	21
9 – выемки глубиной от 1 до 5 м	33 – 45	28 – 40
10 – выемки глубиной до 12 м в крупнообломочных, песчаных и глинистых грунтах	43 – 61	34 – 52
11 – выемки глубиной до 12 м в крупнообломочных, песчаных и глинистых грунтах	54 – 78	43 – 67
15 – выемки на склонах 1:10 – 1:5, до 12 м – склон крутизной 1:10 – склон крутизной 1:5	56 54	64 59
16 – выемки на склонах 1:5 – 1:3, до 12 м – склон крутизной 1:5 – склон крутизной 1:3	55 49	59 56
17 – выемки на склонах до 1:3, до 12 м	47	54
18 – выемки на склоне с крутизной 1:10–1:3 в слабыветриваемых скальных грунтах, до 16 м – склон крутизной 1:10 – склон крутизной 1:3	25 23	20 18
19 – выемки на склоне по типу «полка» в слабыветриваемых скальных грунтах, до 16 м	23	17
22 – выемки на склоне по типу «полка» в легковыветриваемых неразмягчаемых грунтах, до 16 м	70	60
23 – выемки на склоне по типу «полка» в легковыветриваемых размягчаемых грунтах, до 12 м	42	33

Нами также был выполнен анализ размеров существующей ширины полосы отвода общей протяженностью 266 км, на автомобильных дорогах Свердловской области. При этом рассматривались участки в холмистом и горном рельефе с разнообразными инженерно-геологическими условиями, в залесенной и незалесенной местности, в различных административных районах.

Гистограмма распределения ширины полосы отвода влево от оси автомобильной

дороги II технической категории участков г. Екатеринбург – г. Камышлов протяженностью 35 км приведена на рис. 1. На рис. 2 и рис. 3 представлены кривые распределения вероятностей размеров полосы отвода влево и вправо от оси дороги.

Анализ гистограммы позволяет выдвинуть гипотезу о том, что исследуемая величина распределена по нормальному закону. Проверка правильности выдвинутой гипотезы осуществлялась по критерию согла-

сия χ^2 (хи-квадрат) Пирсона. Результаты статистической обработки показали, что данная гипотеза не отвергается при уровне значимости 0,1 и описывается зависимостью

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}, \quad (3)$$

где x – случайная величина (ширина полосы отвода);

\bar{x} – выборочное среднее значение ширины полосы отвода;

σ – выборочное среднее квадратическое отклонение.

В целом ширина от оси проезжей части до границы полосы отвода по всем рассмотренным участкам изменяется в пределах от 8 до 80 м, исключения составляют полосы отвода на развязках.

Анализ результатов, представленные на рис. 2 и 3 показывают, что вероятность ширины полосы отвода в одну сторону от оси дороги в пределах от 8 до 30 м составляет 0,92. Данные результаты подтверждают теоретические расчеты, приведённые в табл. 1, о том, что в Свердловской области ширина полосы отвода определялась типом

поперечного профиля земляного полотна. Кроме того, кривые распределения на рис. 2 и 3 показывают, что на ширину полосы отвода не оказывает влияние рельеф местности и, прежде всего, косогорность.

По нашему мнению при назначении ширины полосы отвода необходимо учитывать условия, обеспечивающие безопасность и бесперебойность движения автомобилей, вопросы охраны окружающей среды, экономические условия (расходы на ее содержание).

При назначении ширины полосы отвода в лесистой местности необходимо учитывать максимальную высоту деревьев, чтобы исключить возможность падения деревьев на дорогу. Она должна обеспечивать благоприятный водно-тепловой режим земляного полотна. Для улучшения водно-теплого режима дорожных конструкций необходимо ширину просеки принимать такой, чтобы тень от лесного массива располагалась между границей полосы отвода и подошвой откоса насыпи [4]. При малой ширине просеки наблюдается увеличение влажности грунта земляного полотна в течение года.

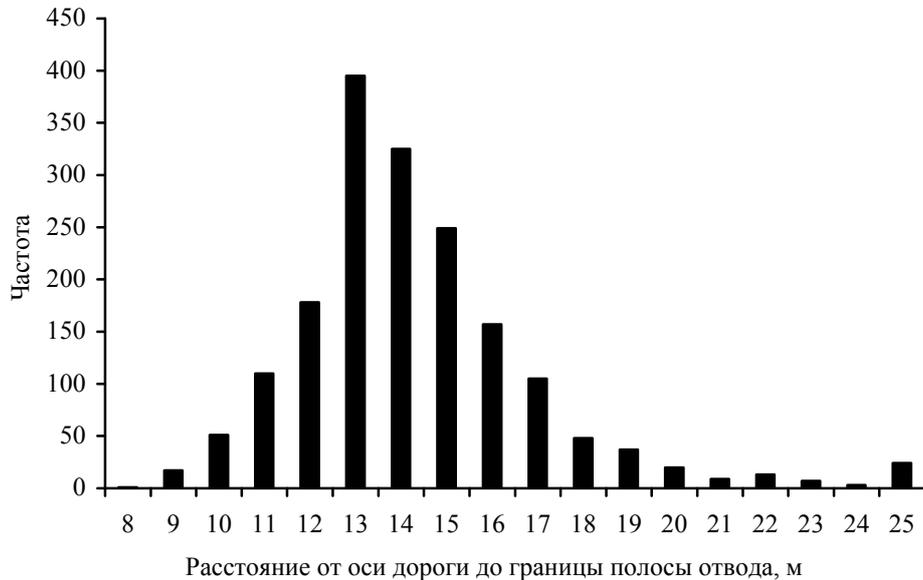


Рис. 1. Гистограмма распределения ширины полосы отвода влево на участке г. Екатеринбург – г. Камышлов



Рис. 2. Кривая распределения вероятностей размеров полосы отвода влево

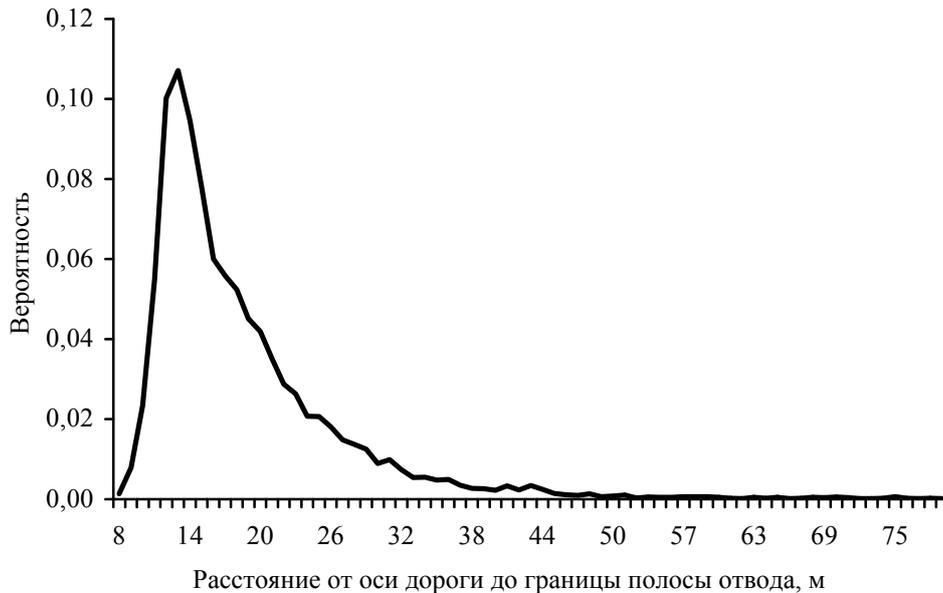


Рис. 3. Кривая распределения вероятностей размеров полосы отвода вправо

При расположении лесных насаждений вблизи земляного полотна на дорожном покрытии могут быть тени от высоких деревьев и светлые участки между ними. При движении автомобилей в этом случае будет наблюдаться мелькание теней и светлых пятен, так называемый «зебро-эффект». Для устранения этого явления тень от наиболее высоких деревьев должна быть не далее бровки земляного полотна.

Защита дорог от снежных заносов осуществляется с помощью снегозащитных полос, размещенных на прилегающих к дороге землях. Расстояние от бровки земляного полотна до снегозащитного насаждения, ширина лесных полос и величина разрывов между лесными полосами определяются в зависимости от объема снегоприноса по табл. 2 [5].

Расстояние от бровки земляного полотна до снегозащитного насаждения

Расчетный объем снегоприноса, м ³ /м	Расстояние от бровки земляного полотна до лесонасаждений, м	Ширина полос отвода земель для лесонасаждений, м
10–25	15–25	4
50	30	9
75	40	12
100	50	14
125	60	17
150	65	19
200	70	22

Наилучшее эстетическое впечатление от дороги получается, когда ширина просеки гармонирует с шириной земляного полотна и высотой деревьев [6]. Исследования Н.П. Орнатского показали, что к назначению ширины просеки может быть приложен общий архитектурный принцип «золотого сечения», т. е. удовлетворяется соотношение

$$\frac{h}{b} = \frac{b}{a} = 0,618,$$

где h – высота деревьев;

b – ширина земляного полотна;

a – ширина просеки.

Проведенный нами анализ существующей ширины полосы отвода более чем на 500 км автомобильных дорог Свердловской области показал, что указанное в условии не соблюдается, оно составляет около 0,4.

Анализ существующих методик расчета ширины полосы отвода автомобильных дорог показывает, что при назначении ее ширины необходимо решать комплексную задачу с учетом высоты насыпи, общей интенсивности движения, минимизации отрицательного воздействия на окружающую среду. Так же в модель необходимо вклю-

чить снижение концентрации загрязняющих веществ различными типами защитных инженерных сооружений и зеленых насаждений. Однако следует заметить, что при учете экологических параметров и вопросов снегозаносимости ширина полосы отвода увеличивается, что в свою очередь приведет к увеличению расходов на содержание автомобильной дороги.

Библиографический список

1. СН467-74 Нормы отвода земель для автомобильных дорог.
2. Бабков В.Ф., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог. Ч. 1 и 2. – М.: Транспорт, 1987.
3. Земляное полотно автомобильных дорог общего пользования. Материалы для проектирования. Серия 3.503-71. – М., 1986.
4. Гурьев Т.А. Строительство автомобильных дорог. Часть I. Земляное полотно / Арх.гос.техн. ун-т. – Архангельск, 1997. – 299 с.
5. Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог: ВСН 24-88 / Минавтодор РСФСР. – М.: Транспорт, 1989. – 198 с.
6. Бабков В.Ф. Ландшафтное проектирование автомобильных дорог: Учебное пособие для автомобильно-дорожных вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1980. – 189 с.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ КОМПОНОВОК СИСТЕМ МАШИН ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

Д.М. ЛЕВУШКИН, *асп. каф. транспорта леса МГУЛ*

В 90-х годах прошлого века объемы и темпы строительства лесовозных дорог заметно сократились в результате резкого прекращения финансирования лесопромышленных предприятий, лишения закрепленных за ними лесосырьевых баз, а также перевода на аренду или продаж с аукционов лесного фонда. Следствием этого стало отсутствие заинтересованности в строительстве новых лесовозных дорог круглогодичного действия.

Однако стоит отметить, что за последнее пятилетие наблюдается некоторое оживление лесопромышленных предприятий, которое дало возможность возобновить активное строительство дорог для вывозки леса.

Для этих целей предприятию необходимо располагать парком машин, которые были бы достаточно разнообразны по назначению и техническим характеристикам.

Выполнение дорожно-строительных работ невозможно без применения механизации. Высшей ее ступенью является комплексная механизация, то есть когда все основные и вспомогательные технологические операции выполняют машины, объединенные в специализированные системы с учетом их производительности и заданного темпа строительства.

Поэтому определение области эффективного использования систем машин и их рациональной структуры является важнейшей организационной и экономической задачей, так как затраты на строительные работы составляют значительную часть затрат всего строительства.

Основной задачей по организации строительства дороги является снижение стоимости работ за счет оптимизации струк-

туры и количества специализированных машин в системе, применения передовых технологий и рациональных схем выполнения технологических операций.

Эффективность использования средств механизации в значительной степени зависит от природных, экономических и производственных факторов. Но и в одинаковых условиях, при одних и тех же ресурсах можно получить различные результаты в зависимости от того, насколько целесообразно их взаимодействие и комплексное использование в процессе строительства дороги.

Оптимизация всей системы управления при выполнении строительства автомобильной лесовозной дороги является сложной задачей. Поэтому необходимо добиваться выбора оптимальных подсистем (отдельных видов работ) и систем, и таким образом обеспечить не общую, а частную оптимизацию.

Каждая строительная организация выполняет работы, которые отличаются друг от друга как по виду (строительство земляного полотна, строительство дорожного основания, строительство дорожного покрытия и т.п.), так и по объёму. Для выполнения этих работ формируются специализированные системы машин (ССМ), отличающиеся как типами машин, так и производительностью. Система машин, включающая в себя все ССМ, образует парк машин.

Парк строительных и дорожных машин является сложной технической системой, характеризующейся высокой размерностью, множественностью и сложностью зависимостей, динамичностью. Эта система представлена множеством различных факторов, большое количество из которых – переменные величины.

Динамичность системы «парк машин» объясняется следующими факторами. Во-первых, в процессе производства работ изменяются технологические связи между средствами механизации, и, во-вторых, на состояние подсистем оказывают влияние время, внешние экономические и социальные факторы, причем не только со стороны других подсистем предприятия, но и со стороны абсолютно внешних факторов.

Условно структуру парка можно представить в виде схемы, изображенной на рис. 1.

Парк машин состоит из отдельных специализированных систем машин. Системой машин называют совокупность согласованно работающих и взаимоувязанных по производительности и другим показателям ведущих (основных) и вспомогательных машин для выполнения работ в технологическом процессе: например, ССМ по строительству земляного полотна, ССМ по строительству цементогрунтового основания, ССМ по строительству цементного покрытия и т. д.

Системы машин объединяются в комплексы – систему машин, предназначенную для выполнения всего технологического процесса на строительстве объекта (участок

дороги, мост, водопропускные сооружения) с заданным темпом строительства в запроектированные сроки.

Специализированные системы могут состоять как из отдельных машин, так и звеньев машин – объединения однотипных машин для выполнения рабочей операции (звено скреперов, звено катков, звено бульдозеров).

При комплектовании специализированных систем машин необходимо соблюдать следующие условия:

- число машин должно быть минимальным, их конструкция и параметры соответствовать условиям работы и габаритам возводимого сооружения;
- в каждой ССМ выделяется одна или несколько ведущих машин, которые в основном определяют организацию работ, его производительность и темп производства работ;
- состав ССМ должен обеспечивать непрерывность технологического процесса; производительности каждой входящей в систему машины, которые назначаются вспомогательными, должны обеспечивать эффективную работу ведущей (или ведущих) машины.



Рис 1. Структура парка машин

По характеру работы системы машин можно разделить на три группы:

1) непрерывного действия – все машины работают непрерывно (например, отсыпка земляного полотна комплектом машин: грейдер-элеватор, бульдозер, катки, автогрейдер);

2) циклического действия – все машины работают циклично (комплект машин: экскаватор, автосамосвалы);

3) смешанного действия – часть машин работает непрерывно, а часть циклично (комплект машин по строительству асфальтобетонного покрытия: АБЗ, транспортные средства, асфальтоукладчик, катки).

Из приведенных систем в дорожном строительстве широкое распространение по-

лучили системы циклического и смешанного действия.

Качественный и количественный состав парка машин определяет темпы строительства, стоимость производства работ, качество выполняемых работ и в конечном итоге долговечность автомобильных дорог.

Для выбора оптимальных компоновок систем машин при строительстве лесовозных дорог необходимо выполнение технико-экономического анализа с учетом всех характеристик типа дороги, объемов и видов работ, конкретных условий строительства этой дороги и разработка корректных математических моделей и методов расчетов систем машин.

ТЕХНОЛОГИЯ ВОДНОЙ ДОСТАВКИ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ МИНИМАЛЬНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ВОДОЕМОВ

А.Ю. МАНУКОВСКИЙ, доц. каф. транспорта леса и инженерной геодезии ВГЛТА, канд. техн. наук

Судовые перевозки, их совершенствование и развитие в настоящее время становятся особенно значимым объектом транспортировки лесоматериалов от места заготовки к потребителю. Значимость мероприятий и разработок, проводимых в этой области, отмечена на Российском совещании лесопромышленников (февраль 2002 г.) по вопросам развития лесного сектора экономики в рамках реализации основных положений Программы социально-экономического развития Российской Федерации на среднесрочную перспективу 2002–2004 годы («Разработка мероприятий по увеличению перевозки лесных грузов водным транспортом в части создания судоходных условий и обеспечение содержания водных путей регионального назначения на принципах совместного финансирования из Федерального бюджета и бюджета РФ, стимулирования строительства морских и речных судов для перевозки лесных грузов»).

Совершенствование судовых перевозок следует проводить по направлению и адаптации лихтеров к речным условиям и использованию их как несамоходное судно, выполняющее роль транспорт-терминалов, позволяющих сделать более эффективными и технологичными судовые перевозки лесоматериалов и готовой продукции по внутренним магистральным речным путям и морям других отечественных и зарубежных потребителей.

В межнавигационный период лихтеры могут находиться в пунктах отправки лесных грузов (на береговых складах), причалы, погрузочные средства, оборудованием для производства готовой продукции. При этом лихтеры могут являться плавучими терминалами, а с первых дней навигации, загруженные готовой продукцией, могут буксироваться к пунктам грузополучателей.

Организация перевозки лесных грузов в лихтерах должна решаться комплексно.

Переработка лесных материалов на готовую продукцию должна осуществляться на береговых складах на базе передвижных и мобильных установок. По мере готовности продукции она должна грузиться и закрываться.

Технологическая схема организации работ по производству готовой продукции и погрузки на лихтер приведена на рисунке.

Лесоматериалы, заготовленные и рассортированные в сортиментах, на лесосеке, вывозятся на береговой склад. Лесовозы, оснащенные манипулятором, разгружаются на

площадке отдельно для лиственной и хвойной древесины 14 и 19. Здесь производят штабелю лесопогрузчиком-штабелером ЛТ-72А.

Пиломатериал лиственный и хвойный поступает в распиловку на круглопильные мобильные пилорамы 18, где из него получают доски, брус. Привод пилорамы осуществляется от вала отбора мощности трактора «Беларусь». В двигатель трактора по трубопроводу 17 подается горючий газ, получаемый в газогенераторной установке 13, что позволяет экономить дизельное топливо.

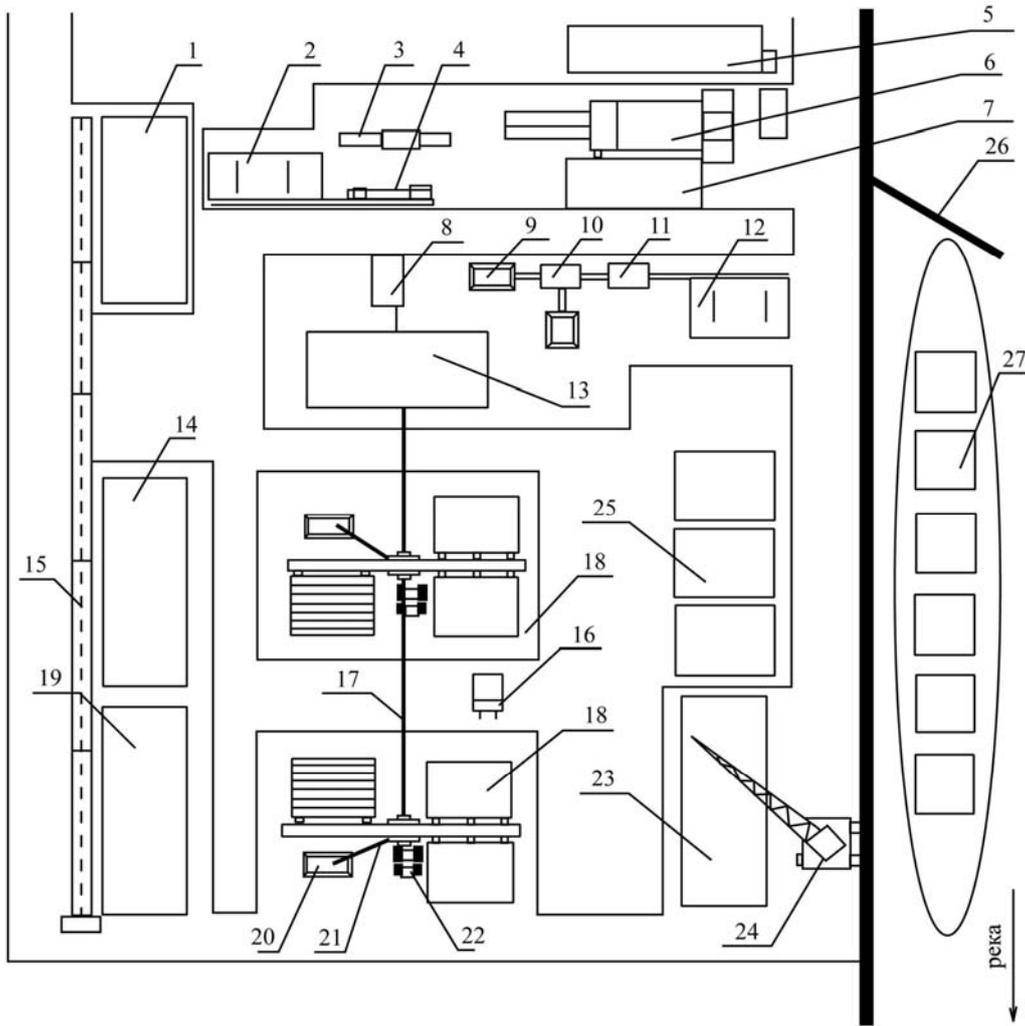


Рисунок. Технологическая схема организации работ по производству готовой продукции и погрузки на лихтер: 1 – штабель н/к древесины; 2 – разделочная эстакада; 3 – уплотнение н/к древесины; 4 – колун; 5 – сортировка ДУ + склад; 6 – установка по производству ДУ; 7 – камера сушки; 8 – бункер топливной щепы; 9 – бункер щепы для ЦБП; 10 – пневмосепаратор; 11 – рубительная машина; 12 – накопитель для горбыля; 13 – газогенератор; 14 – штабель лиственной древесины; 15 – передвижной секционный транспортер ЛТ-20; 16 – автопогрузчик; 17 – трубопровод; 18 – пилорама; 19 – штабель хвойной древесины; 20 – бункер; 21 – рукав выноса опилок; 22 – трактор; 23 – штабель пиломатериалов; 24 – автомобильный кран; 25 – камеры сушки; 26 – дамба; 27 – лихтер

Обрезные пиломатериалы отсортировываются и отвозятся в штабель автопогрузчиком. Горбыль и рейки отвозятся к рубительной машине 11 для переработки на щепу. Далее щепа поступает в пневмосепаратор 10, где разделяется на щепу для ЦБП и топливную щепу.

Лиственный пиловочник без ствольной гнили поступает на пилораму, где из него производят пиломатериалы, которые автопогрузчиком доставляются в штабель.

Отходы лесопиления поступают в рубительную машину.

Низкокачественная листовая древесина передвижным секционным транспортом ЛТ-20 подается в штабель 1, а затем на разделочную эстакаду 2, колун 4 и уплотняющую установку 5.

После уплотнения из нее на установке 6 производят высококачественный древесный уголь.

Топливная щепа и отходы лесопиления лиственной древесины подаются в бункер-накопитель 8, из которого далее в газогенератор 13.

Газогенераторная установка включает в себя следующие элементы и системы: газогенератор; системы охлаждения и очистки; систему розжига и пуска; систему управления, измерения и регистрации параметров газа.

Газогенератор относится к типу обеспечивающих обратный процесс газификации.

В этом типе газогенераторов воздух подается в среднюю по его высоте часть (камеру газификации), в которой происходит процесс горения древесных отходов. Образующиеся при этом газы отсасываются вниз через кольцевое пространство между корпусом и бункером, поступают в системы очистки и охлаждения через газоотводный патрубок, расположенный в верхней части газогенератора.

Активная зона расположена в камере газификации от места подвода воздуха до нижнего среза колосниковой решетки, ниже которой размещается зольник.

Зона сухой перегонки и зона подсушки располагаются выше активной зоны, но влага древесных отходов и летучие вещества фракции не могут выйти из газогенератора, минуя активную зону. Проходя через высокотемпературную активную зону, продукты сухой перегонки подвергаются разложению, в результате чего количество смол в выходящем из генератора газе незначительно.

В работающих на древесном топливе газогенераторах обратного процесса газификации с полным обогревом бункера и верхним отбором газа его температура на выходе может достигать 120–350 С.

Для повышения плотности заряда газозооной смеси необходимо максимально охладить генераторный газ перед подачей его в систему питания двигателя.

Для этой цели используют охладители радиаторного типа, в которых происходит охлаждение газа и в какой-то степени, его дополнительная очистка. Тонкий очиститель предназначен для максимальной очистки газа от водяных паров и вредных примесей.

Транспортировка и размещение газогенераторной установки осуществляется на подвижной платформе. Все электрооборудование, установленное на береговом складе: рубительная машина, пневмосепаратор, уплотняющая установка, колун, секционный транспортер, камеры сушки-питаются от электроэнергии, вырабатываемой дизель-генератором. Дизель-генератор работает на горючем газе, получаемом от газогенераторной установки.

Погрузка готовой продукции: угля, щепы для ЦБП, пиломатериалов хвойных и листовых пород производится по мере готовности лихтер 27, находящихся в межнавигационный период на отстое. После загрузки какого-то вида продукции секция лихтер-терминала закрывается.

После полной погрузки буксирным судном, имеющим класс М, лихтер транспортируется до потребителя.

Виды готовой продукции согласовываются с потребителем.

ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ ЗАДАЧИ ПО ОПТИМАЛЬНОМУ РАСЧЕТУ ПАРКА ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН

В.А. МАКУЕВ, доц. каф. технологии и оборудования лесопромышленных производств МГУЛ, канд. техн. наук

Задача оптимального пополнения ПЛМ

В практике расчетов часто приходится решать задачу на доукомплектование имеющегося на предприятии парка лесосечных машин (ПЛМ) с учетом наличных машин и их состояния. Для этого случая в способы выполнения лесозаготовительных работ необходимо включать системы, составленные как из перспективных лесозаготовительных машин, которые предприятия могут закупить, так и из машин, которыми они будут располагать в планируемом периоде.

В этом случае функция цели будет иметь вид

$$\sum_{j=1}^J \sum_{s=1}^{S_j} \sum_{t=0}^{i_j} (c_{jt}^s + \Delta c_{jt}^s) \cdot x_{jt}^s - \sum_{i=1}^J (d_i + \rho_i) \cdot z_i + \sum_{i=1}^J d_i \cdot Q_i + \sum_{i=1}^J (\alpha \cdot c_i + d_i) \cdot y_i + \sum_{i=1}^J c_i' \cdot y_i' - \sum_{i=1}^J \rho_i' \cdot z_i' \rightarrow \min. \quad (1)$$

Следовательно, в данном случае решение должно обеспечивать минимум суммарных затрат на эксплуатацию, докупку и содержание машин.

Задача расчета оптимальной структуры ПЛМ

При расчете структуры вновь комплектуемого парка лесосечных машин для предприятия, при определении эффективной системы машин, выявлении эффективности определенных типов и марок машин, например, вновь проектируемых, а также для многих других исследований расчет выполняется при условии, что $Z_i = 0$; $Q = 0$ для $i = \overline{1, J}$. Задача состоит в следующем:

найти

$$\sum_{j=1}^J \sum_{s=1}^{S_j} \sum_{t=0}^{i_j} (c_{jt}^s + \Delta c_{jt}^s) \cdot x_{jt}^s - \sum_{i=1}^J d_i + y_i \cdot z_i + \alpha \sum_{i=1}^J c_i \cdot y_i + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^J c_i' \cdot y_i' \rightarrow \min, \quad (2)$$

при ограничениях

$$x_{it}^s \geq 0; y_i \geq 0, \quad (3)$$

$$\sum_{s=1}^{S_j} \sum_{t=0}^{i_j} a_{jt}^s \cdot x_{jt}^s = P_j; j = \overline{1, J}, \quad (4)$$

$$\sum_{s=1}^{S_j} \sum_{j=1}^J \lambda_{jt}^s \cdot x_{jt}^s \leq y_i; i = \overline{1, J}; t = \overline{1, T}, \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{s=1}^{S_j} \sum_{t=1}^{i_j} A_{j1} \cdot a_{jt}^{S_{j1}} \left(\tau_{jt1}^+ - \Delta \tau_{jt1}^- \right) \cdot x_{jt1}^s \geq < \sum_{j_2=1}^J \sum_{s_{j_2}=1}^{S_{j_2}} \sum_{t_{j_2}=1}^{i_{j_2}} A_{j_2} \cdot a_{jt_2}^{S_{j_2}} \cdot \left(\tau_{jt_2}^+ - \Delta \tau_{jt_2}^- \right) \cdot x_{jt_2}^s \cdot \quad (6)$$

В этом случае выбирается такой вариант состава парка лесосечных машин и так планируется его работа, чтобы сумма затрат эксплуатационных, затрат на комплектование и содержание ПЛМ, лесопroduкции при соответствующем плане выполнения лесосечных работ была наименьшая.

Задача распределения имеющейся в парке техники

Допустим, что все или некоторые $Q \neq 0$, $z_i \neq 0$, кроме того, все $y_i = 0$, т. е. не допускается возможность приобретения машин.

В результате расчета определяется такой план использования техники, при котором суммарная величина эксплуатационных затрат, затрат из-за потерь и затрат на содержание техники будет минимальной.

Найти

$$\sum_{j=1}^J \sum_{s=1}^{S_j} \sum_{t=0}^{i_j} (c_{jt}^s + \Delta c_{jt}^s) \cdot x_{jt}^s - \sum_{i=1}^J (d_i + \rho_i) \cdot z_i + \sum_{i=1}^J \sum_{t=1}^T \rho_i' \cdot z_i' \rightarrow \min, \quad (7)$$

при следующих условиях:

$$x_{jt}^s \geq 0; z_i \geq 0; z_i' \geq 0, \quad (8)$$

$$\sum_{t=1}^{T_j} \sum_{s_j=1}^{S_j} a_{jt}^s \cdot x_{jt}^s = P_j; j = \overline{1, J}, \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{s=1}^{S_j} \lambda_{ij}^s \cdot x_{ij}^s \leq Q_i - z_i - z_i'; i = \overline{1, J}, t = \overline{1, T}, \quad (10)$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{s_{j1}}^{S_{j1}} A_{j1} \cdot a_{j1}^{s_{j1}} \left(\tau_{j1} + \Delta \tau_{j1} \right) \cdot x_{j1}^{s_{j1}} \geq$$

$$\sum_{j_2}^J \sum_{s_{j_2}}^{S_{j_2}} A_{j_2} \cdot a_{j_2}^{s_{j_2}} \left(\tau_{j_2} + \Delta \tau_{j_2} \right) \cdot x_{j_2}^{s_{j_2}} \cdot (11)$$

Определение плана оптимального распределения парка машин полезно тем, что при этом выявляются наиболее рациональные тенденции в использовании машин:

какие операции на лесосечных работах эффективнее всего выполнять теми или другими машинами; содержание каких лесосечных машин на предприятии нерентабельно (это видно по значениям $Z_i, i = \overline{1, J}$). Кроме того, выявляются несоответствия в комплектовании парка лесосечных машин: обеспеченность машин съемным многооперационным оборудованием, возможность выполнения имеющимися машинами смежных операций. Эта модель может быть взята за основу при решении задач оперативного планирования парка лесосечных машин на предприятии.

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

В.К. КУРЬЯНОВ, *зав. каф. транспорта леса и инженерной геодезии ВГЛТА, д-р техн. наук,*
О.Н. БУРМИСТРОВА, *УГТУ*

Одним из методов повышения уровня безопасности движения на сложных участках лесовозных автомобильных дорог является обеспечение требуемых значений коэффициента сцепления [1]. Это достигается путем устройства на поверхности покрытий шероховатых слоев. Шероховатость создается за счет выступов и впадин, образуемых минеральными материалами (входящими в смесь, из которой устраивают покрытие, или специально распределяемые на поверхности), а также за счет собственной шероховатости зерен минерального материала.

Чтобы не допустить снижения коэффициента сцепления колеса с покрытием и тем самым своевременно предупредить ДТП, вызванные скользкостью лесовозных автомобильных дорог, необходимо осуществлять систематический контроль, за состоянием покрытий автомобильных дорог по сцеплению и на его основе своевременно принимать меры.

Для осуществления систематического контроля за состоянием дорожных покрытий по сцеплению используют специально разра-

ботанные для этих целей приборы. Среди существующих приборов, применяемых для измерения коэффициента сцепления, наиболее совершенными являются динамометрические прицепы. По конструктивным особенностям различают динамометрические приборы, работающие в режиме полной блокировки колеса и в режиме проскальзывания.

При измерении коэффициента сцепления в режиме полной блокировки измерительное колесо динамометрического прицепа скользит по поверхности дорожного покрытия. Возникающая при этом сила сопротивления скольжению (сила сцепления) меняется в процессе торможения. Во время приложения тормозного момента к измерительному колесу и его снятия сила сопротивления скольжению имеет максимальное значение, в интервале между приложением и снятием тормозного момента сила сопротивления скольжению остается постоянной и имеет минимальное значение. (Образец записи силы сопротивления скольжению, выраженной через тяговое усилие или реактивный момент, показан на рис. 1).

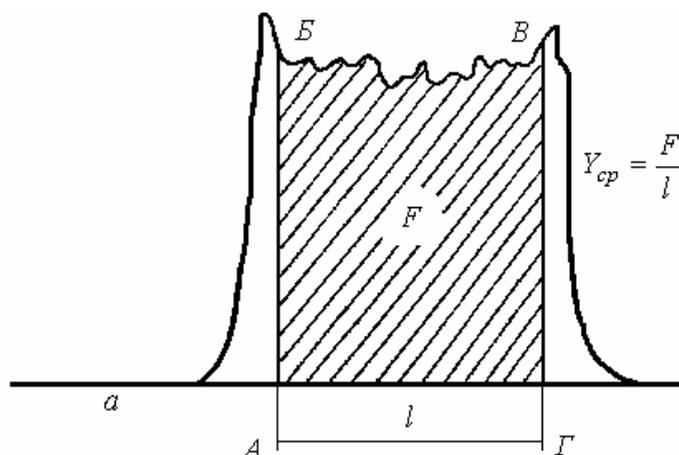


Рис. 1. Образец записи силы сопротивления скольжению, выраженной через тяговое усилие или реактивный тормозной момент: а – а – нулевая линия, F – площадь диаграммы

Увеличение силы сопротивления скольжению в начале и конце торможения обеспечивается тем, что усилие, прикладываемое к тормозному барабану измерительного колеса нарастает и спадает постепенно, и в начальный и конечный моменты торможения оно меньше силы сцепления колеса с дорожным покрытием. В результате чего колесо не скользит по покрытию, а катится с проскальзыванием 15–30 %.

При определении силы сцепления начальный и конечный участки диаграммы исключают. В расчете принимается тот участок диаграммы, который соответствует полной блокировке колеса (рис. 1.).

Приборы такого типа применяются в России, США, Англии, ФРГ, Италии, Польше и др. странах. Основным недостатком этих приборов является то, что определение различной величины проскальзывания и соответствующей ей силы сцепления по результатам измерений динамометрическими прицепами данной разновидности технически не представляется возможным.

Во-первых, время нарастания и спада тормозного усилия при торможении измерительного колеса – процесс быстродействующий и зависит как от конструкции тормозных устройств, так и от интенсивности торможения, контроль которого практически осуществить очень трудно. Во-вторых, существующие тормозные устройства (тормо-

за с пневматическим, гидравлическим или электрическим приводом) не могут обеспечить при проведении измерений стабильность значений строго контролируемых параметров (заданной величины проскальзывания, постоянства тормозного момента и др.). Из-за целого ряда причин (быстрый износ и шлифование рабочей поверхности тормозных накладок, их нагрев при частом торможении, загрязнение и попадание в тормозной механизм воды и т.д.). При полном торможении колеса измерения обычно проводятся на коротких участках дорог, поэтому выявление мест с недостаточным коэффициентом сцепления (при маршрутном обследовании) затруднено.

Таким образом, существующие в настоящее время динамометрические прицепы позволяют измерять максимальную величину сопротивления скольжению шины по поверхности покрытия.

В реальных условиях торможения колеса автомобиля в начальный момент катятся с проскальзыванием и лишь в конечной фазе торможения могут быть заблокированы (аварийное торможение). В этом случае имеет место проскальзывание от 0 до 100 %. Процесс торможения происходит по следующей схеме (рис. 2 б):

– качения всех колес с частичным проскальзыванием до момента полной блокировки колес одной из осей (1 зона);

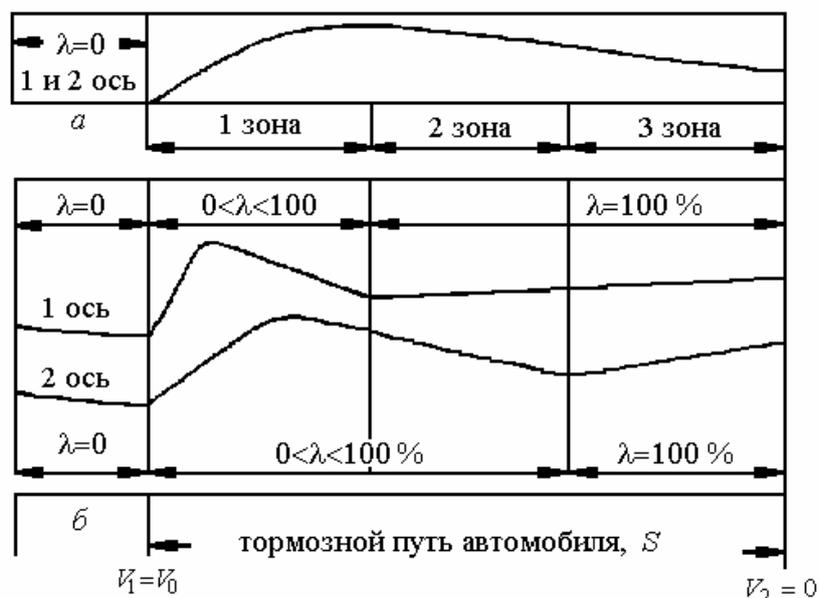


Рис. 2. Изменение коэффициента сцепления на торможении автомобиля: а – служебное, б – аварийное

– движение колес заблокированной оси «юзом» (1 ось) и частичное проскальзывание колес другой оси (2 ось) до момента их полной блокировки (2 зона).

При служебном торможении автомобиля колеса катятся с частичным проскальзыванием (рис. 2 а).

Из приведенной схемы следует, что при торможении коэффициент сцепления при прочих равных условиях не остается постоянным, а зависит не только от скорости движения, но и от величины проскальзывания.

Следовательно, принятые при расчете расстояния видимости о величине тормозного пути лесовозного автопоезда допущения о

том, что величина коэффициента сцепления сохраняется во время торможения постоянной, не соответствует действительности.

Получение объективных данных о величине сопротивления скольжению шины по поверхности покрытия во время торможения требует разработки как методов измерения коэффициента, так и приборов, предназначенных для этих целей.

Библиографический список

1. Технические указания по устройству дорожных покрытий с шероховатой поверхностью. ВСН 38 77. Минавтодор РСФСР. – М.: Транспорт, 1978. – 56 с.

РАБОТА ПОКРЫТИЙ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОДОРОГ ПОД НАГРУЗКОЙ В ПРОЦЕССЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

А.В. СКРЫПНИКОВ, доц., докторант каф. транспорта леса и инженерной геодезии ВГЛТА, канд. техн. наук

В процессе эксплуатации в покрытии лесовозной автомобильной дороги возникающие напряжения и усилия, приводящие к деформированию слоев асфальтобетона, опре-

деляются характером нагрузки от автомобильного транспорта и от климатических, водно-тепловых, факторов. Проблемой оценки влияния различных нагрузок на эксплуатац-

онную надежность дорожных конструкций занимались многие авторы: В.В. Сильянов, И.А. Рыбьев, В.Д. Казарновский, А.В. Смирнов, А.А. Иноземцев, С.К. Илиополов, А.В. Руденский [1–7] и др. Для анализа работы покрытия в процессе эксплуатации рассмотрены основные виды нагрузок транспортных средств.

В связи с большим потоком автомобилей, движущихся с различными скоростями и имеющих различную грузоподъемность, нагрузка на дорожную одежду и, в частности, на покрытие носит нестационарный во времени характер. От стоящих автомобилей на дорожную одежду воздействует статическая нагрузка, определяемая весом автомобиля и площадью ее распределения. При движении автомобиля возникает большой спектр нагрузок и воздействий, которые носят кратковременный характер и подобны ударным импульсам. Вертикальная составляющая нагрузки обычно суммируется с касательными нагрузками, направленными в сторону, противоположную движению по поверхности покрытия. При движении касательные нагрузки составляют 3–5 % от вертикальной [4, 8–10]. При торможении автомобилей касательные воздействия составляют 1–5 % при гололеде и 30–50 % при сухом покрытии от вертикальной нагрузки [3]. Наличие на покрытии неровностей, волн и наплывов приводит к росту коэффициента динамичности воздействия подвижных нагрузок. Помимо воздействия автотранспорта необходимо принимать во внимание напряжения, возникающие в покрытии в результате циклических колебаний температуры, и наличие градиента температур в конструкции, напряжения, вызываемые давлением льда в порах асфальтобетона при переменном замораживании и оттаивании, гидравлические импульсы воды в порах при проезде автомобилей по влажному покрытию, а также напряжения, возникающие в результате деформаций основания.

Таким образом, работа покрытий в процессе эксплуатации проходит при крайне неблагоприятном воздействии как нагрузок, так и климатических факторов. Причем воз-

действия носят разнообразный характер, что вносит большие трудности в оценку их влияния на эксплуатационно-прочностные показатели автомобильных дорог.

Оценка работы покрытий лесовозных автодорог заключается в определении и анализе напряжений или деформаций от воздействия эксплуатационных нагрузок. При этом необходимо учитывать, что асфальтобетон представляет собой термопластичный материал, изменяющий свои свойства в зависимости от температуры и режимов нагружения. В процессе эксплуатации в покрытии под воздействием нагрузок могут возникать как обратимые (упругие), так и необратимые (пластические) деформации. Рассматривая работу асфальтобетонного покрытия, необходимо определить соответствующие этой среде (асфальтобетонного покрытия) теориям упругости или вязкоупругости. Если же при воздействии расчетной нагрузки на поверхность такой среды все деформации мгновенно восстанавливаются, то такая среда называется упругой и характеризуется модулем упругости и коэффициентом Пуассона. При восстановлении прогиба поверхности спустя некоторое время среда называется вязкоупругой и характеризуется модулем деформации и временем релаксации. И если после расчетной нагрузки остается след, то среда обладает упругостью и пластичностью и называется упруго пластичной.

При назначении вида среды, характеризующего дорожную конструкцию, многие авторы [3, 4, 6, 10–17] опираются на наиболее часто проявляемые свойства в процессе эксплуатации. При этом отмечается, что при оценке воздействия нагрузки на асфальтобетонное покрытие чрезвычайно сложно учесть все свойства асфальтобетона при различных температурах и режимах нагружения. Поэтому отдельно рассматриваются системы, обладающие свойствами упругой, вязкоупругой или упругопластичной среды. При этом в расчеты вносятся определенные допущения, приводящую ту или иную систему к реальной работе асфальтобетонного покрытия.

Так, в работе А.В. Смирнова [5] рассматривается задача о деформациях поверх-

ности упругого полупространства от воздействия вертикальной нагрузки интенсивностью q , распределенной по кругу радиусом a и движущейся по горизонтальной поверхности равномерно со скоростью K (рис. 1).

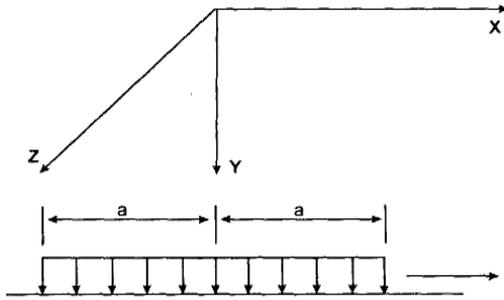


Рис. 1. Расчетная схема

Отмечается, что при движении в любой точке полупространства действуют общие законы механики: закон сохранения количества движения, закон сохранения и превращения энергии, закон сохранения массы. Движение единичной массы поэтому рассматривается как бесконечная совокупность этапов перехода этой, массы из одного положения равновесия в другое.

Составлено уравнение равновесия элементарного объема полупространства с сосредоточенной удельной массой ρ . Упругое сопротивление полупространства деформациям сжатия и сдвига учтено через постоянные упругости Ламе

$$\lambda = \frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}; \quad (1)$$

$$\mu = \frac{E}{2(1+\nu)}, \quad (2)$$

где E и ν – модуль упругости и коэффициент Пуассона материала полупространства.

После составления уравнения равновесия и его решения находят прогиб поверхности в направлении оси X и Z [5]

$$U_x = \frac{g \cdot a}{\mu} \left[K_1 I_{1,2} + \frac{K_2}{4} \beta^2 \tau (3I_{1,1} - I_{1,3}) \right]; \quad (3)$$

$$U_z = \frac{g \cdot a}{\mu} \left[K_3 I_{1,0} + \frac{K_4}{2} \beta^2 \tau (I_{1,0} - I_{1,2}) \right]; \quad (4)$$

где $K_1 = \frac{\chi}{2(1-\chi)}$; $K_2 = \frac{\chi^2 + 1}{8(1-\chi)^2}$; $K_3 = \frac{1}{2(1-\chi)}$;

$$K_4 = \frac{3-4\chi+3\chi^2}{8(1-\chi)^2}; \quad \chi = \frac{\mu}{\chi+2\mu};$$

$I_{1,0}$; $I_{1,1}$; $I_{1,2}$; $I_{1,3}$ – бесселевые функции первого рода нулевого, первого, второго и третьего порядка;

$\beta^2 = \frac{V^2}{C^2 \tau}$; $C_T^2 = \frac{\mu}{\rho}$ – скорость распространения продольных волн в полупространстве.

При $V = 0$ было получено статистическое решение задачи воздействия вертикальной нагрузки на упругое полупространство, выражаемое прогибом под центром нагрузки

$$U_z = \frac{g \cdot \dot{a}}{\mu} \cdot \hat{E}_3 \cdot I_{1,0} = \frac{g \cdot 2\dot{a}(1-\nu^2)}{A}. \quad (5)$$

По данным уравнениям определяются значения прогибов поверхности и на некотором удалении от центра нагружения, а также и горизонтальные перемещения U_x .

Полученные решения могут быть использованы для приближенного определения прогибов поверхности упругого полупространства при известном увеличении модуля упругости за счет вязкости с ростом скорости движения нагрузки.

Учитывая, что реальные дорожные конструкции состоят из нескольких слоев, имеющих помимо упругих характеристик еще и вязкопластичные свойства, можно отметить, что для изучения их напряженно-деформированного состояния под воздействием нагрузки необходимо рассматривать деформации и напряжения упруговязкой слоистой среды.

Б.С. Радовским [10] предложено наиболее приемлемое для изучения поставленной задачи решение о напряженно-деформированном состоянии многослойного вязкоупругого полупространства, представленного моделью Фойгта, при воздействии подвижной нагрузки [15]. Получено выражение для определения прогиба поверхности

$$U = \frac{g \cdot a^2}{\eta V} \left[\hat{a}^{bt} \int_t^{t_0} e^{-bU_1} f(U_1) dU_1 + 3e^{ct} \sum_t^{t_0} f(U_1) dU_1 \right]; \quad (6)$$

где $b = \frac{E_a}{\eta V}$; $c = \frac{(6K + E)a}{\eta V}$; $\ell_0 = \frac{x' - Vt}{a}$; $\ell_0 \frac{x'}{a}$;

$$f(U_1) = \int_0^{\infty} I_1(\alpha) I_0(U_\alpha) \frac{d\alpha}{\alpha};$$

E – модуль упругости материала Фойгта;
 η – коэффициент вязкости последствия;
 g – интенсивность равномерного распределения нормальной нагрузки;
 V – скорость движения нагрузки;
 a – радиус круга нагружения;
 K – модуль объемного сжатия.

Оценить степени приближенности каждой из теорий поведения асфальтобетона при воздействии подвижной нагрузки можно исключительно экспериментальным путем, сопоставляя данные теории и практики.

А.В. Смирновым [5] также рассматривается напряженно-деформированное состояние сплошных и слоистых сред при динамическом ударе.

В реальных дорожных конструкциях данный вид нагружения может возникать при прохождении эксплуатационных нагрузок по поверхностям покрытия с высокими скоростями. Отмечается, что при хорошей ровности покрытия данный вид нагружения не наблюдается, а возникает лишь в период разрушения покрытия.

Математическому моделированию поведения дорожной конструкции под нагрузкой посвящены работы С. К. Илиополова [3, 12]. Им были созданы механико-математические модели системы «дорожная одежда-грунт» различного уровня. С их помощью описаны основные особенности поведения элементов системы при статическом и динамическом нагружениях, на основании теорий упругости и вязкоупругости.

К рассмотрению были приняты плоская модель и модель неограниченного многослойного полупространства.

Отмечено, что плоская механико-математическая модель, основанная на использовании краевой задачи вязкоупругости, достаточно точно учитывает реальное состояние конструкции в плоском сечении. Ее основной недостаток – невозможность учета изменения напряженно-деформированного

состояния вдоль конструкции, а также необходимость задания нагрузки постоянной в любом ее сечении и невозможность описания эффектов, связанных с движением нагрузки.

Следующим уровнем модели является представление всей конструкции как многослойного полупространства с плоскопараллельными границами. Данная модель позволяет эффективно строить решения и исследовать требуемые характеристики динамического напряженно-деформированного состояния. На основе поставленных численных экспериментов было отмечено влияние динамики нагружения системы, определяемой скоростью движения нагрузки, ровности поверхности, сопутствующей вибрации, на количественные и качественные характеристики напряженно-деформированного состояния ее элементов [3, 12]. В результате была выявлена тенденция к появлению и развитию отрыва слоев друг от друга вблизи боковой кромки. Рассматривалось решение задачи о воздействии подвижной нагрузки на конструкцию дорожной одежды при прохождении через неровность покрытия. Воздействие оценивалось через давление колеса на покрытие. Отмечено, что сравнительно малая неровность может увеличивать давление на покрытие (по сравнению со статическим) в десятки раз. Максимум давления приходится либо на саму поверхность, либо (при высоких скоростях) за ней.

При решении задачи динамического воздействия подвижной нагрузки была дана характеристика генерируемых ею частотных колебаний, оказывающих влияние на поверхностные свойства асфальтобетона и которыми нельзя пренебрегать. Особенностью напряженно-деформированного состояния системы выделена возможность подвижной нагрузки генерировать движущуюся волну «выпучивания» перед собой. Данное свойство вносит существенный вклад при оценке напряженно-деформированного состояния верхних слоев покрытия при движении с высокими скоростями нагрузок больших уровней. Волна «выпучивания» становится более выраженной в зонах торможения большегрузного транспорта.

Отмечается, что проявление асфальтобетоном в различных сочетаниях свойств релаксации напряжений, запаздывающей упругости, а также структурных изменений в процессе деформирования и их частичной обратимости приводит, для описания его поведения, к сложным выражениям. Поставленная задача по описанию закономерностей поведения асфальтобетона решается на основании общего закона деформирования, учитывающего влияние фактора времени и предыстории нагружения на деформативные характеристики материала [3]

$$\xi(t_n) = \frac{\sigma(t_n)}{E_n} + \frac{1}{E_n} \int_0^m Q(t_n - t) \sigma(t) dt, \quad (7)$$

где $\xi(t_n)$; $\sigma(t_n)$ – деформация и напряжения в момент наблюдения t_n ;

t – время, предшествующее моменту t_n ;

$Q(t_n - t)$ – функция влияния напряжений $\sigma(t)$ в момент времени t_n на деформацию в момент времени t_n .

Значения функции $Q(t_n - t)$ определяются экспериментально, по испытаниям материала на ползучесть. При этом для анализа деформированного поведения асфальтобетонных покрытий, используется выражение

$$Q(t_n - t) = P e^{-at} t^{p-1}, \quad (8)$$

где P – параметр, характеризующий влияние фактора времени на процесс развития деформаций; a – показатель, характеризующий изменения свойств материала в процессе деформирования.

В конечном итоге для анализа поведения асфальтобетонных покрытий в эксплуатационных условиях, при непрерывном изменении режима нагружений и температур, предложено выражение

$$\xi(t_n) = \frac{\sigma(t_n)}{E_n} + \frac{1}{E_n} \int_0^m P e^{-at} t^{p-1} \sigma(t) dt. \quad (9)$$

Если свойства покрытия не изменяются во времени, напряжения и деформации определяются по формуле

$$\xi(t_n) = \int_0^m \frac{P \sigma}{G} t^{p-1} dt, \quad (10)$$

где G – модуль деформации, соответствующий $t = 1$ с.

Таким образом, для более полного описания реологических свойств асфальтобетонного покрытия используются параметры P , физическую природу которого следует рассматривать как характеристику степени пластичности материала, и модуль деформации G . Этими параметрами определяются время релаксации λ , модуль упругости E и вязкость η .

Рассматривая по полученным уравнениям напряженно-деформированное состояние асфальтобетонного покрытия, нами установлены зависимости условия приложения нагрузки на характеристики асфальтобетона: модуль упругости, вязкость материала и степень пластичности. В условиях сложного напряженного состояния реальной работы покрытия для практических целей целесообразно рассматривать именно те типы загрузки, которые имеют место в конструкции в процессе эксплуатации. В этом случае расчетные характеристики покрытия будут соответствовать эксплуатационным.

Оценка несущей способности асфальтобетонного покрытия под воздействием сдвигающего усилия приведена в работе А. А. Иноземцева [19]. Постановка и решение задачи основаны на оценке прочности конструкции путем ее расчета по предельному равновесию, применяемому для статически неопределимых строительных конструкций. При выборе расчетной схемы был использован опыт сопротивления асфальтобетонного покрытия вдавливанию жесткого штампа (рис. 2).

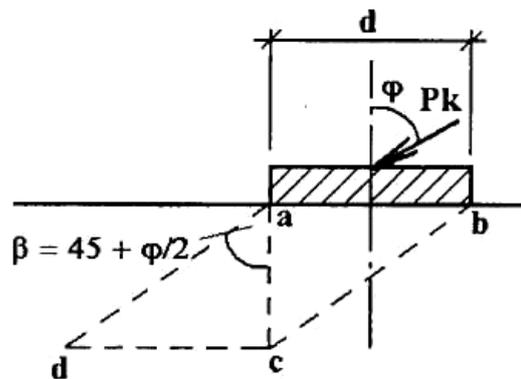


Рис. 2. Схема поверхностей нарушения сплошности среды в момент предельного сопротивления местному давлению

Схема действующих усилий представлена на рис. 3.

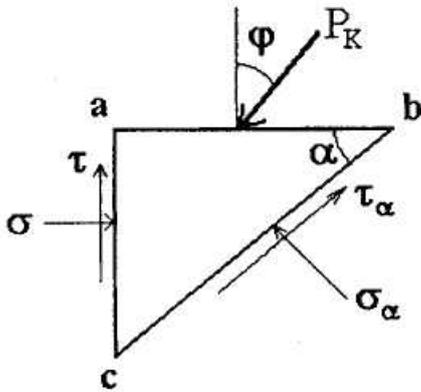


Рис. 3. Схема действующих усилий

Предполагается, что для отделения невесомой трехгранной призмы от окружающей среды необходимо преодолеть силы сцепления и трения, а также, приближенно, предел прочности материала покрытия сжатия $R_{сж}$. Следовательно, из усилий, действующих на призму, неизвестными являются p_k , и σ_a . Обозначив через F – площадь плоскости «вс», через $F \cos \alpha$ – площадь плоскости «т» и через $F \sin \alpha$ – площадь плоскости «ас», составлено уравнение равновесия

$$\sigma_a - R_{\text{нв}} \sin^2 \alpha + \tau \sin \alpha \cos^2 \alpha - \rho_e \cos \varphi \cos^2 \alpha + \rho_e \sin \varphi \sin \alpha \cos \alpha = 0, \quad (11)$$

где $\tau = C + fR_{\text{нв}}$;

C – сцепление;

f – статистический коэффициент трения.

Используя сумму проекций всех усилий на направление τ_α

$$\tau_\alpha + R_{\text{нв}} \sin \alpha \cos \alpha + \tau \sin^2 \alpha - \rho_e \cos \varphi \cos \alpha - \rho_e \sin \varphi \cos^2 \alpha = 0 \quad (12)$$

и отношение между $R_{сж}$ и C :

$$R_{сж} = 2ctg \left(45^\circ + \frac{\rho}{2} \right) = 2c(f + \sqrt{1 + f^2}), \quad (13)$$

где ρ – угол трения, получим итоговую формулу

$$\frac{\rho_e}{R_{\text{нв}}} = \frac{1 + 2tg^2 \alpha - ftg \alpha}{2(f + \sqrt{1 + f^2})} + \frac{2ftg^2 \alpha + tg \alpha (1 - f^2)}{(1 + ftg \alpha) \sin \varphi + (tg \alpha - f) \cos \varphi}. \quad (14)$$

Согласно полученному выражению отношение предела прочности покрытия к пределу прочности на сжатие материала покрытия является функцией угла отклонения направления действия нагрузки от нормали к поверхности покрытия, коэффициента трения материала f и угла наклона плоскости скольжения к поверхности покрытия (угла α).

Решение для однослойного покрытия применимо и для двухслойных, что подтверждается результатами опытов по вдавливанию жесткого штампа. Приведенное А. А. Иноземцевым [19] решение позволяет получать данные по оценке сдвигоустойчивости покрытий при различном угле φ приложения нагрузки (от 0 до 90°) в зависимости от $R_{сж}$, C и f . Интерес данного решения обусловлен тем, что приложение нагрузки под углом к покрытию и изменения в процессе исследования величины угла приложения определяют реальный характер воздействия сдвигающих усилий. При этом не оцениваются свойства асфальтобетона как упруго-вязкого и вязкоупругого тела, что является существенным недостатком.

Основные закономерности работы покрытий под нагрузкой в условиях длительной эксплуатации нашли определенное отражение в Инструкции по проектированию дорожных одежд нежесткого типа ВСН 46-83 [20]. При этом расчет дорожной одежды ведется по следующим критериям прочности:

- сопротивление сдвигу в грунтах и слоях из слабосвязных материалов;
- сопротивление растяжению при изгибе монолитных слоев;
- сопротивление упругому прогибу всей конструкции;
- сопротивление сдвигу слоев покрытия при высоких положительных температурах.

Расчетными характеристиками асфальтобетонных слоев являются модули упругости при динамичном и статическом нагружении при различных температурах, сопротивление растяжению при изгибе, сцепление и комплексный коэффициент, характеризующий внутреннее трение асфальтобетона.

Напряженно-деформированное состояние конструкции в соответствии с ВСН 46—83 при всех видах загрузки оценивается комплексно. При этом не в полной мере учитывается изменение свойств асфальтобетона при воздействии температуры, что оказывает особое влияние на его устойчивость при сдвигающих усилиях.

Оценка прочностных характеристик покрытия ведется со многими допущениями. Допустимый уровень надежности проектируемой конструкции на конец периода между капитальными ремонтами K_n выбирается от типа покрытия в зависимости от технической категории. В зависимости от K_n выбирают и коэффициент прочности $K_{пр}$, который должна иметь дорожная одежда к концу расчетного периода. С учетом коэффициентов $K_{пр}$ и K_n определяются расчетные значения характеристик асфальтобетона и влажности грунта. Влияние динамических нагрузок, неблагоприятных погодных-климатических факторов, усталости материала приближенно определяется вводом в расчет различных коэффициентов. Изменения свойств асфальтобетона во времени учитываются введением коэффициентов усталости и снижения прочности от воздействий погодных-климатических факторов.

В соответствии с Инструкцией дорожная одежда под нагрузкой должна работать в упругой стадии без возникновения остаточных деформаций, что не является реальной работой конструкции.

А.В. Смирновым [5] предлагается метод расчета дорожной одежды с учетом накопления остаточных деформаций. Им отмечено, что в действующем методе расчета, в основу которого положена теория упругости, не отражается возможность накопления остаточных деформаций конструкций дорожной одежды во времени.

Основным показателем, оценивающим транспортно-эксплуатационное состояние автомобильной дороги, является ровность. Сохранение эксплуатационных качеств автомобильной дороги в процессе длительной эксплуатации возможно лишь при учете механики накопления пластических

деформаций во всех конструктивных слоях дорожной одежды и более жестких требований, предъявленных к материалам, применяемым в дорожном строительстве. При этом необходимо учитывать способность материалов в различной степени проявлять упругие и пластические свойства. Степень их проявления зависит от уровня напряжений, числа и длительности загрузок. Таким образом, учитывая число и время загрузок, упругие и вязко-упругие свойства материала и используя теорию наследственной ползучести и соотношение Больцмана-Вольтерра при моделировании упруго-пластических свойств материалов, общая относительная деформация составит

$$\varepsilon^{n,t} = \frac{\sigma}{E_y} + \frac{\sigma^2}{E_A[R]} \cdot \frac{\lg n}{\lg N} \left(e^{\frac{t}{t_p}} - 1 \right), \quad (15)$$

где R – предел прочности материала на сжатие;

E_y и E_d – модули упругости и деформации;

σ – напряжение сжатия;

N – число загрузок, которые должен выдержать материал до разрушения;

n – реализованное число загрузок;

t – время действия напряжения;

t_p – время релаксации напряжений.

Полная вертикальная деформация кубического элемента объемом dx, dy, dz , расположенного в упруго-пластическом полупространстве (сплошном или слоистом), составит при условии сопротивления боковому расширению

$$dU^{n,t} = \left[\frac{\sigma}{E_y} + \frac{\sigma^2}{E_A[R]} \cdot \frac{\lg n}{\lg N} \left(e^{\frac{t}{t_p}} - 1 \right) \right] (1 - \nu^2) dz. \quad (16)$$

При рассмотрении слоистого полупространства, состоящего из M слоев, полный прогиб ее поверхности при n раз загрузках под центром нагрузки составит

$$U^{n,t} = \sum_1^M \frac{\sigma_j}{E_{y_j}} (1 - \nu_j^2) h_j + \sum_{n=1}^{n=N} \sum_1^M \frac{\sigma_j^2 (1 - \nu_j^2)}{E_{A_j}[R]_j} \cdot \frac{\lg n}{\lg N} \left(e^{\frac{D_j}{t_{pj}^{\nu_j}}} - 1 \right) h_j, \quad (17)$$

где $\sigma, E_{y_j}, E_{d_j}, [R], \nu_j, h_j, t_{pj}$ – напряжения сжатия, модуль упругости, модуль

деформации, прочность на сжатие, коэффициент Пуассона, толщина и время релаксации материала j -го слоя полупространства;

D_j – диаметр круговой площади нагружения j -го слоя полупространства;

V – скорость горизонтального перемещения нагрузки по поверхности полупространства.

Учитывая, что в реальной работе покрытия деформационные и прочностные показатели слоев переменны в соответствии с температурами и влажностным режимом, то полные прогибы слоистой конструкции необходимо рассматривать в период работы на талом грунтовом основании, когда величины прогибов и деформаций существенны. Следовательно, к этому периоду относятся число загружений n , а к заданному сроку службы дорожной одежды T – предельное число загружений до разрушения N . Поэтому

$$\sum_{n=1}^{n=N} \frac{\lg n}{\lg N} = T \sum_{i=1}^j \frac{\lg n_{oi}}{\lg N}, \quad (18)$$

где n_{oi} – месячное число нагружений в i -и месяц.

Таким образом, полный прогиб поверхности к периоду времени T с учетом изменения деформативных характеристик слоев при переменных температурах и влагосодержании в течение i -х месяцев в году составит

$$U_T = \sum_{i=1}^M \frac{\sigma_{j,i}}{E_{y,j,i}} (1 - \nu_j^2) h_j + T \sum_{i=1}^i \sum_{j=1}^M \frac{\sigma_{j,i}^2 (1 - \nu_j^2)}{E_{\bar{A},j,i} [R]_j} \frac{\lg n_{oi}}{\lg N} \cdot \left(e^{\frac{D_{j,i}}{p_j^y}} - 1 \right) h_j. \quad (19)$$

На основе полученного решения имеется возможность определения времени T достижения слоистой конструкцией определенной величины деформаций поверхности U_n

$$T[U_n] = \frac{[U_n]}{\sum_{i=1}^i \sum_{j=1}^M \frac{\sigma_{j,i}^2 (1 - \nu_j^2) \lg n_{oi}}{E_{\bar{A},j,i} [R]_j \lg N} \left(e^{\frac{D_{j,i}}{p_j^y}} - 1 \right) h_j}. \quad (20)$$

Практическая оценка результатов полученного решения [4, 5] показывает, что несущая способность дорожной одежды, рассчитанной по инструкции ВСН 46-83, в

1,5–2,3 раза ниже, чем по приведенному методу.

Таким образом, преимущество данного метода состоит в том, что решение построено непосредственно на оценке эксплуатационно-прочностных показателей автомобильной дороги и в нем учитываются особенности напряженно-деформированного состояния дорожной одежды. При этом рассматриваются модуль деформации, модуль упругости, время релаксации и прочность на сжатие материалов конструкции.

Проанализировав исследования многих авторов [3, 6, 10, 12, 15, 21–25, 46] для различных случаев напряженно-деформированного состояния дорожных одежд и покрытий при различных условиях загрузки, действующие и предлагаемые методы расчета дорожных конструкций, можно сказать, что степень приближения полученных ими моделей, характеризующих работу покрытий автомобильной дороги и дорожных одежд, зависит от прочностных и деформационных параметров, применяемых ими при оценки работы конструкции.

Библиографический список

1. Казарновский В.Д., Попов М.Л. Методика прогноза снижения работоспособности дорожной одежды во времени с использованием величины упругого прогиба конструкции // Тез. докл. научно-практической конференции «Научно-технические достижения в области дорожно-строительных материалов, строительства, реконструкции, содержания автомобильных дорог и искусственных сооружений». – Липецк, 1995. – С. 112–114.
2. Инструкция по проектированию дорожной одежды нежесткого типа. ВСН 46-83. – М.: Транспорт, 1985. – 157 с.
3. Руденский А.В. Дорожные асфальтобетонные покрытия. – М.: Транспорт, 1992. – 253 с.
4. Смирнов А.В., Малышев А.А., Агадков Ю.А. Механика устойчивости и разрушения дорожных конструкций. – Омск: СибАДИ, 1997. – 91 с.
5. Смирнов А. В. Прикладная механика дорожных и аэродромных конструкций. – Омск: Изд. ОмГТУ, 1993. – 128 с.
6. Смирнов А. В. Основы метода расчета и проектирования дорожных одежд на действие подвижных нагрузок // Материалы VI Всесоюзного совещания по основным направлениям научно-технического процесса в дорожном строительстве. – М., 1976. – Вып. 8. – С. 46.

7. Смирнов А.В. Новая концепция долговечности дорожных конструкций // Известия вузов. Строительство. – 1995. – № 7–8. – С. 107–111.
8. Апестин В.К., Яковлева Ю.М. Испытание и оценка прочности нежестких дорожных одежд. – М.: Транспорт, 1977. – 185 с.
9. Радовский Б.С. Прогиб под центром подвижной нагрузки, действующей на вязкоупругое однородное полупространство // Вопросы расчета и конструирования дорожных одежд: Тр. СоюздорНИИ. – М., 1979.
10. Теляев П.И., Мазуров В.А. Приведение дорожной одежды к двухслойным и трехслойным расчетным моделям // Труды СоюздорНИИ «Исследования по механике дорожных одежд». – М., 1985. – С. 4–13.
11. Вируля А.К., Михович С.И. Работоспособность дорожных одежд. – М.: Транспорт, 1968. – 172 с.
12. Илиополов С.К. Механико-математическое моделирование системы дорожная одежда-грунт при анализе динамических процессов в ее элементах: Автореф. дис... д-ра техн. наук. – М; Ростов-на-Дону, 1998. – 45 с.
13. Корсунский М.Б. Оценка прочности дорог с нежесткими одеждami. – М.: Транспорт, 1966. – 152 с.
14. Малафеев А.Г. Работа конструктивных слоев дорожной одежды под воздействием автомобиля // Тез. докл. II Международной научно-технической конференции «Автомобильные дороги Сибири». – Омск: Изд. СибАДИ, 1998. – С. 86–87.
15. Радовский Б.С. Расчетная схема дорожной одежды как сложной вязкоупругой среды под действием нагрузки // Материалы VI Всесоюзного совещания по основным направлениям научно-технического прогресса в дорожном строительстве. – М., 1976. – Вып. 8. – С. 9–14.
16. Рекомендации по строительству макрошероховатых дорожных покрытий из открытых битумо-минеральных смесей / НПО РосдорНИИ. – М.: ЦБНТИ концерн Росавтодор, 1991. – 36 с.
17. Смирнов А.В., Агадков Ю.А. Аппроксимация форм контактных давлений от движущейся колесной нагрузки для динамических задач устойчивости дорожных покрытий // Известия вузов. Строительство. – 1997. – № 1–2. – С. 77–78.
18. Рокас С.Ю. Статистический контроль качества в дорожном строительстве. – М.: Транспорт, 1977. – 152 с.
19. Иноземцев А.А. Битумно-минеральные материалы. – Л.: Изд. литературы по строительству, 1972. – 152 с.
20. Инструкция по строительству асфальтобетонных покрытий. ВСН 14-95. Введена 01.01.96. – М.: Мосстройлицензия, 1995. – 48 с.
21. Варенько В.А. Прогнозирование деформационных характеристик дорожных композитных материалов // Известия вузов. Строительство. – 1988. – № 12. – С. 97–100.
22. Коганзон И.С. Основные направления обеспечения работоспособности дорожной одежды // Особенности проектирования строительства и эксплуатации автомобильных дорог в Восточно-Сибирском регионе: Сб.науч. тр. – Иркутск, 1998. – С. 56–60.
23. Маслов С.М. Исследование структурообразования битумо-минеральных смесей из титанистых гранулированных доменных шлаков и условий их применения в покрытиях автомобильных дорог: Автореф. дис... канд. техн. наук. – Л., 1975.
24. Рекач В.Г. Руководство к решению задач по теории упругости. – М.: Высшая школа, 1977. – 216 с.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЫБРОСОВ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА ПРИДОРОЖНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

О.В. РЯБОВА, доц., докторант каф транспорта леса и инженерной геодезии ВГЛТА, канд. техн. наук,
 А.В. СКРЫПНИКОВ, доц., докторант каф транспорта леса и инженерной геодезии ВГЛТА, канд. техн. наук

Лесные экосистемы находятся в постоянной динамике, направления их изменений определяются не только естественными, но и искусственными (антропогенными) факторами: промышленным и транспортным загрязнением; интенсивными рекреационными нагрузками и т. д. Все чаще и на все более увеличивающейся площади проявляются неже-

лательные последствия: деградация лесных насаждений; снижение их устойчивости и эстетической ценности; обеднение биологического разнообразия. Крайне важно постоянно контролировать ситуацию для того, чтобы в случае необходимости принимать безотлагательные меры. Имеющийся отечественный и зарубежный опыт свидетельству-

ет, что одним из важнейших методов решения этой актуальной задачи является создание системы постоянных пробных площадей, заложенных в различных створах наблюдений с последующим систематическим проведением комплексных наблюдений по стандартизированной методике.

Закладка постоянных пробных площадей с последующим проведением на них длительных наблюдений – хорошо известный и надежный метод исследований, позволяющий получить разностороннюю достоверную информацию о состоянии лесных сообществ и их динамике под воздействием различных факторов. Основными объектами такого рода наблюдений являются растительность, которая одновременно является и основным компонентом биосферы, и индикатором ее состояния в целом, а также снежный покров. По растительности определяется эффект воздействия, а по загрязнению снежного покрова – величина или доза этого воздействия.

Выбор именно такого способа исследования объясняется тем, что сезонный снежный покров является одним из основных индикаторов состояния воздушного бассейна [1]. Исследование химического состава снега имеет определенные преимущества – в сезонном снежном покрове полностью сохраняется информация о веществах, поступивших вместе с атмосферными осадками или в результате аэрозольного выпадения за весь холодный период года. Поэтому анализ концентраций химических элементов и соединений, содержащихся в снеге, однозначно соответствует их количеству в атмосфере исследуемого региона.

Снег отбирался на 4 створах наблюдений по общепринятой методике в трехкратной повторности. Створы располагались перпендикулярно дороге Москва–Ростов (Дон), точки отбора находились на расстоянии 10, 30, 70, 110, 190 м от полотна дороги (рис. 1) [3]. Выбор именно этих мест исследования объясняется направлением розы ветров.

Снеговую воду фильтровали под давлением дважды, первый раз для отделения

взвесей, второй раз для отделения концентрата растворенной формы тяжелых металлов после концентрирования их во внутрикомплексные соединения тииоксинатом натрия ($C_9H_6NSNa \cdot 2H_2O$) для обеспечения более полного осаждения тяжелых металлов. Подобная процедура гарантирует выделение 94–96 % примесей [2].

Полный микроэлементный анализ природных вод включает в себя следующие этапы: отделение (фильтрование) взвешенных частиц; предварительное концентрирование микроэлементов, находящихся в растворенной форме; отделение (фильтрование) концентрата растворенной формы микроэлементов; микроэлементный анализ как концентратов взвешенных частиц, так и концентратов растворенной формы металлов.

В работе химический анализ фильтров не проводили. Все выводы сделаны по количеству взвесей, содержащихся в снеге.

Из предыдущего опыта известно, что на взвесах оседают в разной степени все элементы таблицы Менделеева. Концентрация взвесей в снеговой воде является своего рода маркером, отражающим токсикологическую ситуацию вдоль дороги. Количество взвесей измерялось на торсионных весах по разнице масс высушенного фильтра со взвесями и чистого фильтра.

Состояние древостоя оценивали визуально по пятибалльной шкале – от здоровых деревьев до сухостоя. Категорию состояния определяли по совокупности признаков: ажурности кроны; приросту по высоте; состоянию ветвей, ствола и корней. При этом нами принят порядок возрастания баллов для более здоровых деревьев, что, на наш взгляд, логичнее соответствует понятию «жизненное состояние древостоя» (ЖСД):

5 – здоровые деревья без внешних признаков ослабления, с густой зеленой кроной, с нормальными для данного возраста и условий местопроизрастания приростами последних лет.

4 – ослабленные деревья характеризуются слабо ажурной кроной (повреждени-

ем до 1/3 фотосинтезирующего аппарата), укороченным приростом в высоту, усыханием отдельных ветвей, повреждением или небольшим местным отмиранием ствола, отдельных корневых лап.

3 – сильно ослабленные деревья с ажурной кроной (с повреждением и усыханием до 2/3 фотосинтезирующего аппарата), с сильно укороченным приростом или без него, суховершинные, со значительными повреждениями, поражениями ствола, корневых лап, в ряде случаев наблюдается частичное заселение дерева стволовыми вредителями при местном типе ослабления.

2 – усыхающие деревья с сильно изреженной кроной или только отдельными живыми ветвями (с повреждением более 2/3 фотосинтезирующего аппарата), листва (хвоя) желтеет и осыпается, текущего прироста по высоте нет, по стволу и корням возможны насечки и единичные свежие поселения стволовых вредителей.

1 – сухостой – деревья, усохшие в текущем году или в прошлые годы, хвои (листвы) нет, вершинка, как правило, обломлена, кора и мелкие веточки легко отваливаются, стволовые вредители вылетают или вылетели.

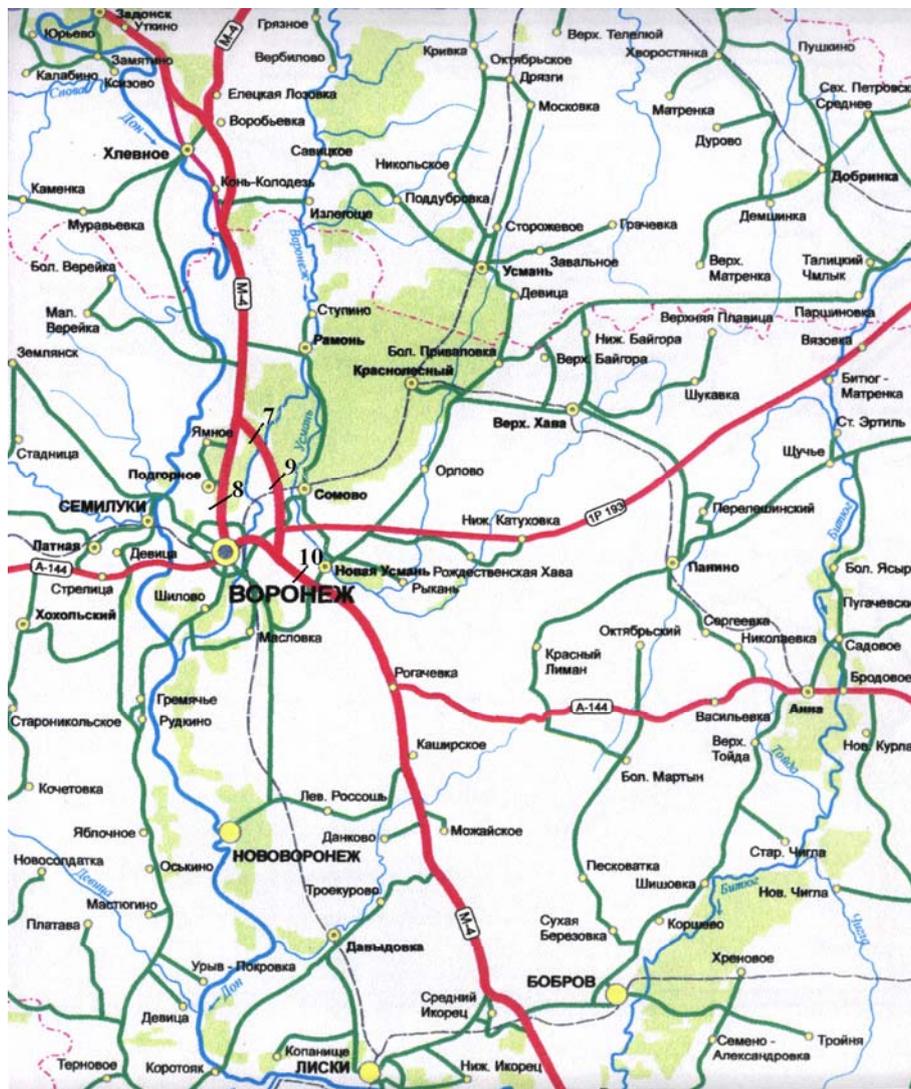


Рис. 1. Карта-схема расположения створов наблюдения за экологическим состоянием придорожной полосы автомагистрали «Дон»

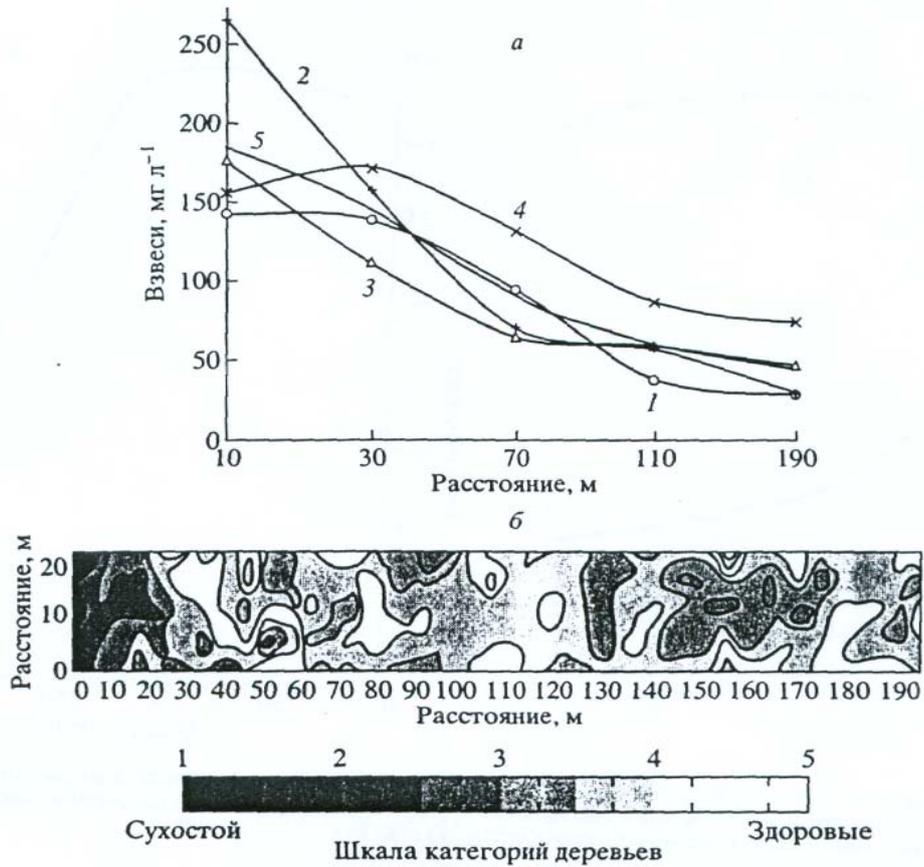


Рис. 2. Загрязнение снега от магистрали «Дон» в створах
 а) 1 – створ 7; 2 – створ 8; 3 – створ 9; 4 – створ 10; 5 – усредненное загрязнение;
 б) карта состояния деревьев на створе наблюдения

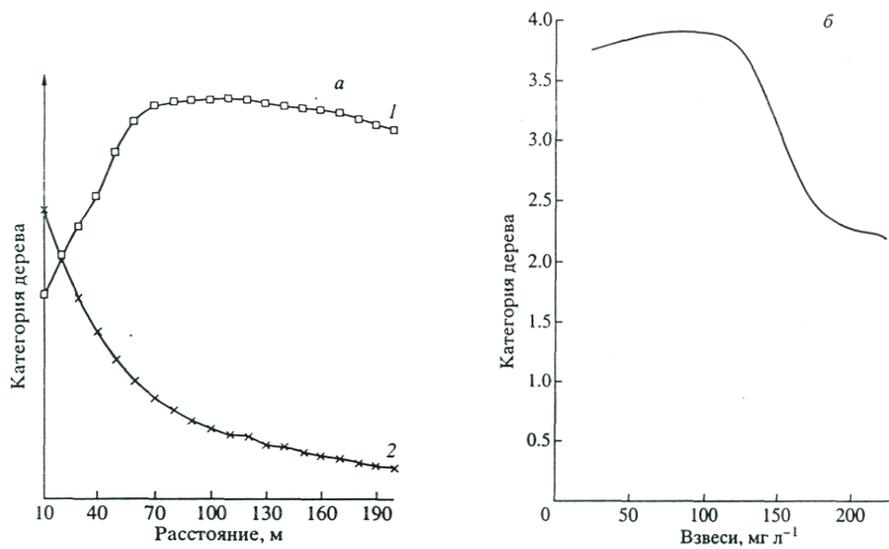


Рис. 3. Категория деревьев и содержание взвесей в зависимости от расстояния до полотна дороги (а): 1 – категория деревьев, 2 – концентрация взвесей в снеге; доза-эффект зависимости жизненного состояния древостоя от концентрации взвесей, содержащихся в снеговой воде (б)

Содержание взвесей в снеговой воде по створам наблюдений 7, 8, 9, 10

Створ наблюдений	Расстояние от полотна дороги				
	10	30	70	110	190
7	142,8	138,8	94,3	37,4	27,6
8	266,4	157,2	70,3	56,3	29,4
9	176,6	114,4	64,1	58,1	46,3
10	156,2	172,3	131,2	86,0	73,1
Усреднённое загрязнение	185,5	144,9	90,0	59,5	44,1

В результате проведенных исследований были получены данные по содержанию взвесей в снеговой воде в зависимости от расстояния от дороги по 4 створам, мгл⁻¹ (табл. 1).

По приведенным данным построен график зависимости содержания взвесей в снежном покрове от расстояния бровки земляного полотна дороги (рис. 2, а). На рис. 2, б изображена карта категории состояния деревьев, а именно показатели жизнеспособности деревьев, полученные на том же створе, на которой отбирался снег в районе 8 створа наблюдений. В пределах створов заложены трансекты, разбита на 20-метровые квадраты, где положение каждого дерева закартировано, а на само дерево составлен паспорт с указанием видовой принадлежности, высоты, диаметра и состояния на момент обследования. Изолинии состояния деревьев были построены на основе координат и данных по состоянию для всех деревьев на профиле. Таким образом, данная карта отражает влияние дороги на состояние древостоя в целом, включая верхний и нижний ярусы леса. На створе наблюдений взвеси, содержащиеся в снеге, являются «дозой», а данные категорий деревьев – «эффектом».

По этим данным построены графики зависимости категорий дерева и содержание аэрозолей в снеге от расстояния от полотна дороги (рис. 3, а). На рис. 3, б изображена доза – эффект зависимости жизнеспособности деревьев от взвесей, содержащихся в снеговой воде. Эта зависимость построена по данным

рис. 3, а, причём связующим параметром служит расстояние от полотна дороги.

По этим данным построены графики зависимости категории дерева и содержания аэрозолей в снеге от расстояния от полотна дороги (рис. 3, а).

На рис. 3, б изображена доза-эффект зависимость жизнеспособности деревьев от взвесей, содержащихся в снеговой воде. Эта зависимость построена по данным рис. 3, а причём связующим параметром служит расстояние от полотна дороги.

По карте категорий состояния деревьев (рис. 2, б) видно, что первые 40–50 м от дороги являются «критической зоной», в которой деревья умирают быстрыми темпами. Категория деревьев в этой зоне примерно равна 2. Такие деревья описываются как усыхающие – с сильно изреженной кроной или только отдельными живыми ветвями (с повреждением > 2/3 фотосинтезирующего аппарата), листва (хвоя) желтеет и осыпается, текущего прироста по высоте нет, возможны единичные поселения стволовых вредителей.

По зависимостям категории деревьев и взвесям, содержащимся в снеге от расстояния от полотна дороги (рис. 3, а) видно, что по мере приближения к полотну дороги и соответственно увеличения содержания взвесей в снеге, происходит резкое снижение показателей жизнеспособности деревьев. Небольшое снижение показателей жизнеспособности деревьев начиная со 130 м от полотна дороги и далее объясняется переходом к фоновому состоянию леса, которое всегда немного ху-

же, чем при небольшом антропогенном воздействии (эффект стимулирования при малых дозах).

По зависимости жизненности деревьев от взвесей в снеговой воде (рис. 3, б), видно, что при содержании взвесей в снеговой воде более, чем 120 мг л^{-1} происходит резкое снижение величины категории дерева. Из этого следует, что максимально возможное содержание взвесей в снеге не должно превышать 120 мг л^{-1} . Эта цифра является порогом токсического воздействия на исследованный тип леса со стороны автотранспорта в данных конкретных условиях.

Магистраль «Дон» является наиболее напряженной транспортной магистралью Воронежской области и результаты, характеризующие ее воздействие на лес можно считать наиболее выраженными.

Данные по порогам токсического воздействия автотранспорта на различных магистралях необходимо накапливать. Эти данные и эта методика в целом даст в дальнейшем возможность осуществить экологическое нормирование воздействия автотранспорта на лес.

Состояние лесных экосистем вдоль транспортной магистрали возможно улучшить следующими мероприятиями:

1) введение нормативов для автотранспорта, обязательная установка дожигателей, катализаторов и другие мероприятия конструктивного и эксплуатационного характера;

2) снижение интенсивности движения;

3) строительство параллельных магистралей для снижения нагрузки с уже имеющихся;

4) транспортные развязки для обеспечения непрерывного хода машины;

5) посадка наиболее устойчивых пород деревьев (известно, что толерантность

древесных пород повышается в ряду: дуб < ель < сосна < береза < тополь < ива). Но к кардинальным изменениям замена всех лесопосадок на тополь и иву не приведет, так как без принятия мер, касающихся непосредственно снижения антропогенной нагрузки на лес, загрязнение очень скоро достигнет объема, неприемлемого даже для самых устойчивых пород;

б) строительство шумозадерживающих перегородок, которые одновременно в какой-то мере задерживают выбросы от автотранспорта, на всей протяженности магистрали;

7) использование для таких перегородок газопоглощающих блоков из сорбирующих газ материалов (с периодической заменой их).

Проведенные исследования снежного покрова на четырех створах АД «Дон» на расстоянии до 200 м от полотна дороги показали, что зона усыхания лесов от магистрали «Дон» составляет полосу шириной не менее 50 м по обе стороны магистрали, на которой лес имеет явные признаки повреждения. Обнаружен порог токсического воздействия на лес от автотранспорта, который по взвесям составляет величину порядка 120 мг л^{-1} снеговой воды.

Библиографический список

1. Василенко В.Н., Назаров И.Н., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. – М.: Гидрометеиздат, 1985. – 181 с.
2. Вирцавс М.В., Степанов А.М., Сычев В.В. Методическое пособие по приготовлению сухих концентратов загрязненных природных вод для химического анализа на содержание микроэлементов. – М.: Наука, 1992. – 23 с.
3. Рябова О.В., Нахаев З.Н. Техногенное воздействие автомобильных дорог на лесные экосистемы придорожной полосы. Воронежский государственный архитектурно-строительный университет // Научный вестник. – 2003. – Вып. 1. – С. 116–120

К ВОПРОСУ О ВЗАИМОСВЯЗИ НЕТАРИФНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВНЕШНЕЙ ТОРГОВЛИ И КРЕДИТНО-ДЕНЕЖНОЙ ПОЛИТИКИ

В.С. ВАСИЛЬЕВ, *ст. преп. каф. экон. теории МГУЛ*,

Т.В. ВАСИЛЬЕВА, *доц. каф. экономики и организации на предпр. д/о и лесохимической промышленности МГУЛ*

«Точная настройка»: взаимосвязь механизмов

Непрерывно возрастающая с начала прошлого столетия роль государства в экономике ставит перед экономистами задачу разработки наиболее адекватных методов государственного регулирования. Процесс либерализации, пик активности которого пришелся на 80-е годы, не должен вводить в заблуждение: речь шла не столько о сокращении роли государства, сколько о перенесении акцентов с одних методов государственного регулирования на другие – с фискальных на денежные. В конце концов, монетаризм, ставший идеологическим знаменем неолиберализма, есть нечто иное, как более изощренная разновидность кейнсианства, включающая в механизмы «точной настройки» и механизмы манипулирования денежным предложением, ранее высокомерно игнорировавшимся традиционным кейнсианством. Неслучайным представляется как обращение монетаристов к опыту правительственного регулирования экономики в годы, предшествовавшие Великой Депрессии (как раз в то время наибольший акцент в экономической политике делался именно на деятельность центральных банков), так и их апология свободно плавающих курсов валют, не имеющих товарного обеспечения – ведь в этом случае задача регулирования денежного предложения облегчается до минимума.

Для России положение усугубляется зависимостью от экспорта сырья. Как будет показано ниже, в случае выбора стратегии развития, опирающейся только на сырьевой экспорт, малейший «прокол» в выборе механизмов экономической политики может оказаться роковым.

Ориентация на сырьевой экспорт вообще-то уже довольно давно стала характерной для нашей страны. Характерной настолько, что ряд исследователей уже по этому признаку зачисляет наше Отечество в число стран так называемой «мировой периферии», обреченной быть сырьевым придатком развитого мира. Разбор столь серьезных материй не входит в число задач, поставленных в данной статье, но надо отдавать себе отчет в том, что правильное решение прикладных задач способно подтолкнуть к решению вопросов более общего характера.

Исторический опыт «точной настройки» в России: удачи и просчеты

За последнее время Россия демонстрировала как удачный, так и неудачный опыт экономического регулирования в сфере взаимосвязи внешнеторговой и кредитно-денежной политики. В качестве удачного примера можно привести знаменитую реформу С. Ю. Витте, сумевшего ввести без потерь для экономики золотой рубль.

Перед амбициозным министром финансов Николая II стояла задача навести порядок в денежном хозяйстве империи, не повторив при этом печальный опыт своего предшественника И.А. Вышнеградского [1]. Накопив, благодаря экспортным операциям с зерном солидный золотой запас, Витте учел несколько обстоятельств. Первое: с введением золотого рубля цена экспорта может повыситься. Поэтому министр провел весьма серьезную девальвацию, установив курс вдвое ниже паритета покупательной способности. Второе – Витте учел зависимость основного партнера России – Германского рейха – от русского зерна, что позволило ему занять жесткую позицию на торговых переговорах. Низкая эластичность спро-

са на зерно по цене дала ему дополнительные козыри. Позицию же зерновых экспортеров – крупных помещиков, выступавших против реформ из-за опасений, что твердый рубль сократит их доходы, Витте сумел изменить, просто-напросто подкупив идеолога помещиков С. Шарапова, издателя газеты «Русский труд».

К сожалению, в последнее время Россия не может похвастаться удачным опытом регулирования в этой сфере. Самым, пожалуй, печальным примером неудачного опыта стало введение «валютного коридора» в 1995–98 гг., сопровождавшееся расцветом операций с государственными бумагами (печально знаменитые ГКО).

Собственно, особого выбора у правительства и не было. Отмена весной 1995 г. централизованных кредитов ЦБ в целях борьбы с инфляцией вызвала резкое увеличение спроса на рубли. Поэтому и «валютный коридор», остановивший рост курса рубля, и эмиссия ГКО, давшая средства бюджету, были на тот период оправданы. Когда мы говорим об ошибках, надо говорить, прежде всего, о конкретных механизмах проведения данной политики. И вот тут-то остается только пожалеть об отсутствии в российском правительстве административных талантов, подобных таланту Витте.

Во-первых, курс рубля был зафиксирован на весьма высоком, по сравнению с потребностями экспортеров, уровне [2, 3], что в сочетании с сохранившейся высокой инфляцией удорожало российский экспорт.

Во-вторых, безудержный рост эмиссии ГКО привел к включению так называемого «механизма Понци» (проще говоря, финансовой пирамиды), когда средствами от продажи новых серий ГКО покрывались текущие выплаты по старым, причем доходность ГКО естественно возрастала с каждым новым их выпуском. Это привело к уходу значительной части потенциальных инвестиционных ресурсов на рынок ГКО (эффект вытеснения инвестиций), а затем, в связи с допуском на финансовый рынок нерезидентов, российский бюджет полностью пере-

ключился на обеспечение сверхвысокой доходности для обладающих громадными ресурсами иностранных спекулянтов.

Понятно, что такое положение могло казаться устойчивым только в силу высокой цены на главный продукт российского экспорта – нефть (и то надо сказать, что социальные и экономические программы внутри страны практически не финансировались). Как только вследствие азиатского кризиса 1997 г. конъюнктура рынка стала неблагоприятной и цены на нефть упали, крах экономической модели стал неизбежен.

Выбор механизмов взаимосвязи кредитно-денежной и внешнеторговой политики в условиях присоединения к ВТО и Киотскому протоколу

Регулирование внешней торговли, проводимое национальным правительством, имеет целью улучшение торгового баланса. Оставим без внимания идеологическую сторону вопроса (по мнению, например, экономистов неоавстрийского направления, подобная политика вообще невозможна и неэффективна), укажем только на то, что в сегодняшних условиях эта цель для национального правительства какой-либо страны, не относящейся к узкой группе высокоразвитых, практически недостижима. Внешнеторговая политика вообще оказывается под угрозой утраты национального суверенитета. Так, например, российским производителям практически невозможно попасть на рынок пищевых продуктов европейских стран не только из-за высоких импортных тарифов, но и из-за жесткой сертификации, которая вводится европейскими структурами по требованию европейских лоббистов [4]. Еще более серьезные проблемы могут возникнуть при подключении национальной экономики России к механизмам ВТО и Киотского протокола.

В соответствии с требованиями ВТО в сфере внешнеторговой политики должны произойти следующие реформы:

- рационализация структуры тарифа;
- тарификация количественных ограничений;

– ликвидация налоговых льгот и подавляющего большинства нетарифных барьеров.

Не следует, однако, считать, что имеет место победа «фритредерства» над протекционизмом. Место упраздненных барьеров занимают другие. Это, прежде всего, обязательная сертификация качества продукции (для лесного комплекса эта мера уже имеет огромное значение), требования Киотского протокола и антидемпинговые мероприятия. Примечательно, что все эти мероприятия инициируются как раз из-за рубежа; национальные экономические институты не имеют практически никакой возможности для влияния, кроме кропотливой работы по «выращиванию лоббистов» интересов отечественного бизнеса в международных экономических организациях.

В долгосрочном плане эти мероприятия ухудшают торговый баланс. Расходы на сертификацию удорожают экспортные товары, лишая их конкурентного преимущества по цене. Ограничения по вредным выбросам, ставящиеся Киотским протоколом, ограничивают промышленную деятельность и заставляют увеличивать расходы на экологию, опять-таки удорожая готовую продукцию. Наконец, антидемпинговые мероприятия просто подрывают отечественную внешнюю торговлю (для примера достаточно вспомнить разразившуюся в середине 90-х гг. «металлургическую войну», когда сталелитейные компании США обвинили российских металлургов в демпинге на основании того, что заработная плата российских рабочих показалась им чрезмерно низкой – что, в общем-то, было недалеко от истины).

Таким образом, создается пагубная для экономики «вилка». В случае повышения цен производителями, необходимого для того, чтобы компенсировать возрастающие издержки, они начинают проигрывать в борьбе с зарубежными конкурентами. Кроме того, в российских условиях подобное повышение цен способно раскрутить заново инфляционную спираль.

В случае продаж по низким ценам приходится фиксировать реальные убытки,

потому что экспортные субсидии требованиями ВТО запрещены как инструмент демпинга.

Количественная оценка последствий нетарифного регулирования внешней торговли

Согласно распространенному мнению, разделяемому, в частности, специалистами Института народнохозяйственного прогнозирования РАН, количественный анализ результатов нетарифного регулирования внешней торговли практически невозможен. Мы попытаемся показать ошибочность подобного подхода.

Для опровержения данной точки зрения рассмотрим, например, такой важный элемент нетарифного регулирования, как сертификация. Нетрудно заметить, что по своим последствиям введение сертификации идентично таможенной пошлине на импорт: 1) расходы на сертификацию являются надбавкой к цене товара и 2) несертифицированный товар не может быть продан. Чисто в плане экономических расчетов расходы на сертификацию идентичны адвалорной пошлине. Внутренняя цена сертифицированного импортного товара может быть выражена формулой

$$Pd = Pim * (1 + T),$$

где Pim – цена, по которой товар импортируется (таможенная стоимость товара);

T – сумма ставки адвалорного тарифа и доли расходов на сертификацию в таможенной стоимости товара.

В принципе, по точно такому же принципу можно анализировать последствия всех методов нетарифного регулирования, в основе которых лежат какие-либо платежи. Анализ не подлежат только мероприятия, являющиеся прямыми количественными ограничениями либо полным запретом на ввоз.

Теперь мы должны иметь в виду, что влияние колебаний курса валюты аналогично изменению пошлин на импорт. Следовательно, поскольку специалистами ИНП РАН уже была выведена методика оценки для импортной пошлины, целесообразно воспользоваться ею при оценке последствий

добавления расходов на сертификацию, которые будут эквивалентны повышению импортной пошлины [5].

Задача сводится к определению таких количественных соотношений между динамикой обменного курса и динамикой импортной пошлины, скорректированной на величину расходов на сертификацию, которые обеспечивают в итоге тождественный рост потребительских цен в стране-импортере.

Для дальнейшего анализа введем вслед за специалистами ИНП РАН понятие эквивалентной пошлины, которое характеризует такой уровень защиты внутреннего рынка, который эквивалентен защитительному эффекту падения курса национальной валюты.

Введем следующие обозначения:

Tt – исходная таможенная пошлина;

Stt – доля исходной таможенной пошлины в цене конечного потребления;

Ix – индекс роста номинального курса валюты страны-экспортера;

Ip – индекс роста цен в стране-импортере – в общем случае дефлятор ВВП;

K – коэффициент роста эквивалентной пошлины по отношению к исходному значению таможенной пошлины;

Et – эквивалентная таможенная пошлина.

Коэффициент K рассчитывается следующим образом:

$$K = (Ix / (Ip * Stt)) - 1 / Stt + 1.$$

Уровень эквивалентной пошлины есть произведение исходной импортной пошлины и коэффициента K .

$$Et = Tt * K.$$

Таким образом, если в результате роста номинального курса валюты страны-экспортера эквивалентная пошлина составила 85 % вместо исходных 25 % (рост на 60 проц. пунктов) и при этом импорт сократился на 30 %, то эластичность импорта от уровня импортной пошлины равняется – 0,5. Можно утверждать, что прибавка к импортной пошлине величины расходов на сертификацию приведет к сокращению импорта в

процентном отношении на величину, вдвое меньшую, чем эта прибавка.

Можно ли использовать данную методику при расчете последствий для экспорта? Да, возможно. Например, если мы хотим проанализировать последствия введения сертификации на лесные товары, нам достаточно знать характер изменений номинального курса рубля, величину базовой импортной пошлины на лесные товары в стране-импортере и рост цен лесных товаров в данной стране.

Для продолжения нашего анализа необходимо рассмотреть, какие последствия в стране-экспортере вызовет введение тех или иных мероприятий, носящих характер нетарифного регулирования. Для этого обратимся к тому, каким образом рассчитывается такой важный показатель в нашей модели, как индекс роста курса валюты страны-экспортера.

Простейший пример представляет собой модель паритета покупательной способности, смысл которой в том, что на длительных временных интервалах изменения валютного курса представляют собой функцию изменения внутренних и внешних цен

$$Ix = Px - Pim = (Mx - Mim) + (\dot{V}x - \dot{V}im) - (\dot{Y}x - \dot{Y}im),$$

где символ ' обозначает процентные изменения;

$\dot{P}x$ и $\dot{P}im$ – процентные изменения индексов цен в обеих странах;

$\dot{M}x$ и $\dot{M}im$ – процентные изменения денежной массы в обеих странах;

$\dot{V}x$ и $\dot{V}im$ – процентные изменения скорости обращения денег в обеих странах;

$\dot{Y}x$ и $\dot{Y}im$ – процентные изменения реального дохода в обеих странах.

При неизменности скорости обращения денег и показателей дохода индекс роста курса валюты страны-экспортера зависит от процентных изменений количества денег в обращении. Отсюда следуют рекомендации при формировании экономической политики.

При чистом плавающем курсе валюты страны-экспортера (в данном случае Рос-

сии) иностранная валюта не покупается. В этом случае рубль укрепляется, цены экспортируемых товаров растут и нетарифные ограничения усиливают сдерживающий эффект во внешней торговле по причине того, что экспорт отечественных товаров зависит, в первую очередь, от цены. Стимулирование же экспорта за счет роста качества для сырьевого экспорта невозможно, а для несырьевого – очень сложно.

При грязном плавающем курсе (то есть при проведении валютных интервенций) курс рубля падает, но при этом количество денег увеличивается. Если проводить стерилизацию, то есть одновременно продавать государственные бумаги, то роста инфляции не происходит, но впрыскивание государственных бумаг приводит к эффекту вытеснения инвестиций и провоцирует замедление экономического роста.

Но и при введении так называемого «валютного управления», когда курс отечественной валюты жестко фиксируется на определенном уровне, могут возникнуть проблемы. Механизм валютного управления предусматривает только возможность автоматического изменения денежной базы (денежной массы в обращении + резервы частной банковской системы) при изменении величины золотовалютных резервов, но не предусматривает таких антиинфляционных механизмов, как «золотые точки», которые при классическом золотом стандарте играли роль ограничителя как денежной эмиссии, так и дефляции. Аргентинский опыт 90-х

годов демонстрирует со всей очевидностью, как фиксированный курс может превратиться в национальное бедствие: сперва банковская система Аргентины инфлировала кредит (используя приток капиталов и эффект мультипликатора), а затем, когда нереальность обменного курса стала очевидной, был выбран курс на жесткую конфискационную дефляцию с конфискацией вкладов населения. И все равно пришлось проводить девальвацию [6].

Вывод, который следует из вышеизложенного, очевиден. При экспортной ориентации российской экономики она обречена на проведение крайне жесткой денежно-кредитной политики, по крайней мере в долгосрочном плане. Любые попытки денежной экспансии приведут к ухудшению торгового баланса.

Библиографический список

1. Васильев В.С. Страницы экономической истории Отечества: «голодный экспорт» и индустриализация // Лесной вестник. – 1998. – № 1.
2. Делягин М. Г. Экономика неплатежей: как и почему мы будем жить завтра. – М., 1997.
3. Монтес М. Ф., Попов В. В. «Азиатский вирус» или «голландская болезнь»? Теория и история валютных кризисов в России и других странах. – М.: Дело, 2000.
4. Москаленко Л. Таможенный дозор // Эксперт. – 2004. – № 36.
5. Народнохозяйственные последствия присоединения России к ВТО: Доклад Национального Инвестиционного Совета. – М., 2002.
6. Бум, крах и будущее / Сб. статей; Пер. с англ. А. В. Куряева. – Челябинск: Социум, 2003.

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ НАЛОГОВЫХ РЕЖИМОВ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Л.М. ЧЕРНЯКЕВИЧ, *проф. каф. экономики и финансов МарГТУ, канд. экон. наук*

Совершенствование экономического механизма в лесном хозяйстве в соответствии с Концепцией развития лесного хозяйства Российской Федерации до 2010 года должно быть направлено на обеспечение его бюджетной самокупаемости и увеличение лесного дохода. Поставленная задача стано-

вится актуальной также в свете проводимой бюджетной реформы с учетом одобренной постановлением Правительства РФ от 22 мая 2004 г. № 249 «Концепции реформирования бюджетного процесса в Российской Федерации в 2004–2006 гг.». Ядром новой организации бюджетного процесса должна стать

широко применяемая в мире концепция (модель) «бюджетирования, ориентированного на результаты в рамках среднесрочного финансового планирования», а основным направлением реформы – поэтапный переход от сметного планирования и финансирования расходов к бюджетному планированию, ориентированному на достижение конечных общественно значимых и измеримых результатов. В рамках бюджетного и управленческого учета главными распорядителями, распорядителями и получателями бюджетных средств будут учитываться не только расходы бюджета, но и поступления в соответствующий бюджет.

В настоящее время большая часть доходов лесного хозяйства в бюджетах формируется за счет платежей от отпуска древесины на корню. Законодательное признание этих платежей неналоговыми поступлениями восстановило рыночный характер цен на древесину, отпускаемую на корню.

Рыночным механизмом установления платежей являются лесные аукционы (торги). В 2003 году из 112,7 млн. м³ заготовленной древесины по рубкам главного пользования 23,0 млн. м³ (25,9 %) продано на лесных аукционах. Цена обезличенного 1 м³ древесины на аукционах составила 62,2 руб. при 25,1 руб. по минимальным ставкам платежей за древесину, отпускаемую на корню, утвержденным Правительством РФ, то есть выше в 2,48 раза [1]. Проектом Лесного кодекса предусмотрено предоставление права аренды участков лесного фонда для заготовки древесины на срок до 1 года, а единственным критерием определения арендатора – максимальная сумма арендной платы, предложенная участниками аукциона.

Уровень ставок лесных податей зависит от породного состава и товарной структуры лесосечного фонда; расстояния до пункта потребления, определяемого разрядом. Основными факторами, влияющими на превышение аукционных цен над минимальными ставками, являются [1, 5, 6]:

1. Мотивация организаторов лесных аукционов – лесхозов. Самый высокий уровень превышения наблюдался в 2000–2001 гг.,

когда часть средств поступала непосредственно лесхозам. В настоящее время лесные подати и арендная плата полностью поступают в федеральный бюджет и бюджеты субъектов РФ и перераспределяются на финансирование лесного хозяйства через механизм бюджетно-сметного финансирования.

2. Превышение предложения над спросом: соотношение выставляемых на продажу лесосек от проданных составило в 2003 году 3:1. Соответственно низкий уровень конкуренции потенциальных покупателей при проведении аукционов.

3. При низких ценах на мелкую и дровяную древесину, отпускаемую на корню, и низком уровне капитализации лесопользователи, приобретающие право на заготовку древесины на аукционах, специализируются преимущественно на заготовке и реализации ценных сортиментов.

4. Транспортная доступность лесосек, продаваемых на аукционе.

5. Существенное влияние на уровень аукционных цен оказывает институциональный фактор – налоговый режим, выбранный лесопользователем для начисления и оплаты налогов и сборов.

Проведенный нами анализ сегментации рынка лесопользования позволил выявить основные категории покупателей права заготовки древесины на аукционе [5]:

– индивидуальные предприниматели и организации, имеющие право на освобождение от налога на добавленную стоимость, у которых сумма выручки от реализации товаров (работ, услуг) без учета налога за каждые три последовательных календарных месяца в совокупности не превышала один миллион рублей;

– организации – налогоплательщики по обычному режиму налогообложения;

– индивидуальные предприниматели и организации, применяемые упрощенную систему налогообложения;

– физические лица.

Влияние режимов налогообложения на экономические возможности лесопользователей покупателей при определении аукционной цены изучены методом имитацион-

ного моделирования. Сопоставимость сравниваемых вариантов обеспечена по породному и товарному составу древесины, отпускаемой на корню, транспортным условиям, технологии лесозаготовительного производства. Алгоритм расчетов включает [7]:

1. Формирование производственной программы лесозаготовительного производства исходя из маркетингового анализа конъюнктуры рынка и сортиментной структуры лесосечного фонда.

2. Расчет средней цены реализации обезличенного 1 м^3 древесины в круглом виде. С учетом взаимозаменяемости сортиментов средний уровень цены колеблется в пределах от 300 р. до 360 р.

3. Расчет нормативных переменных затрат на лесозаготовительное производство (без платежей за древесину, отпускаемую на корню), включающих оплату труда производственных рабочих, расходы на социальные нужды производственных рабочих (единый социальный налог), услуги лесовозного транспорта на вывозке, расходы на содержание и эксплуатацию оборудования.

4. Условно-постоянные расходы приняты в размере 30 % от переменных затрат для организации налогоплательщика по обычному режиму налогообложения.

5. Нормативная прибыль определена в размере 15 % выручки от реализации продукции.

6. Определение предельного (порогового) значения цены обезличенного 1 м^3 древесины, отпускаемой на корню.

Обработка информации осуществлялась с применением программного продукта «АРМ Лесопользование» и информационных технологий на базе *Mikrosoft Excel*.

Предельное значение цены за древесину, отпускаемую на корню, зависит от ценовой среды на рынке лесопродукции: с увеличением цен на круглые лесоматериалы лесопользователи имеют значительные резервы для повышения цены за древесину, отпускаемую на корню, на лесных аукционах. Индивидуальные предприниматели и организации, имеющие право на освобождение от налога на добавленную стоимость

или перешедшие на упрощенную систему налогообложения имеют значительные резервы для увеличения аукционной цены по сравнению с организациями налогоплательщиками по обычному режиму налогообложения.

Переход индивидуальных предпринимателей и организаций на упрощенную систему налогообложения осуществляется добровольно, если выполнены ограничения по объему выручки (не более 11 млн. руб. без налога на добавленную стоимость), численности работающих (до 100 человек), доле участия других юридических лиц в уставном капитале (не более 25 %), стоимости амортизируемого имущества (не более 100 млн. руб.) [3]. При переходе на упрощенную систему налогообложения налогоплательщик освобождается от налога на добавленную стоимость, налога на прибыль, налога на имущество предприятия и единого социального налога, уплачивая отчисления в пенсионный фонд. Объектом налогообложения по упрощенной системе в 2004 г. могут быть выбраны: сумма выручки от продаж и вне-реализационные доходы; доходы, уменьшенные на величину расходов.

Физические и юридические лица могут на подрядной основе выполнять лесохозяйственные, лесовосстановительные и другие работы. В настоящее время на участках лесного фонда, не переданных в долгосрочную аренду, эти виды работ выполняют лесхозы. До принятия закона РФ от 22 августа 2004 г. № 122-ФЗ лесхозы являлись территориальным органом федерального органа управления лесным хозяйством и выполняли хозяйственные функции. В условиях недостаточного бюджетного финансирования на подрядную форму организации передавались частично только рубки ухода. Введение контрактной (договорной) формы выполнения лесохозяйственных работ, предусмотренной в проекте Лесного кодекса, будет определяться налоговыми режимами физических и юридических лиц, которые определяют, наряду с прочими факторами, условия эффективной деятельности исполнителей.

Влияние налогового режима на предельное (пороговое) значение цены за древесину, отпускаемую на корню

Средняя цена 1 м ³ древесины в круглом виде, руб.	Объем, м ³	Выручка от реализации, тыс. руб.	Переменные затраты на лесозаготовки, тыс. руб.	Условно-постоянные расходы, тыс. руб.	Прибыль, тыс. руб.	Предельное значение платежей за древесину, отпускаемую на корню	
						всего, тыс. руб.	на 1 м ³ , руб.
Индивидуальные предприниматели и организации, имеющие право на освобождение от налога на добавленную стоимость							
300	13320	3996,0	2380,28	689,3	599,4	327,0	24,5
320	12480	3993,6	2230,18	689,3	599,0	475,1	38,1
340	11760	3998,4	2101,5	689,3	599,7	607,8	51,7
360	11080	3988,8	1980,0	689,3	598,3	721,2	65,1
Организации – налогоплательщики по обычному режиму налогообложения							
300	13320	3386,4	2297,6	689,3	508,0	-108,4	-8,1
320	12480	3384,4	2152,7	689,3	507,7	34,7	2,8
340	11760	3388,5	2028,5	689,3	508,3	162,4	13,8
360	11080	3380,3	1911,2	689,3	507,0	272,8	24,6
Индивидуальные предприниматели и организации, применяемые упрощенную систему налогообложения							
300	13320	3996,0	2223,1	689,3	599,4	484,2	36,3
320	12480	3993,6	2082,9	689,3	599,0	622,4	49,8
340	11760	3998,4	1962,7	689,3	599,7	746,6	63,5
360	11080	3988,8	1849,2	689,3	598,3	851,9	76,8

Лесозаготовки в соответствии с Общероссийским классификатором видов экономической деятельности в России (Постановление Правительства РФ от 17. 02. 2003), как и в мировой практике, наряду с лесоводством объединены понятием «лесное хозяйство» и включены в группу «Сельское хозяйство. Лесное хозяйство». Стимулирование предприятий к проведению лесозаготовок, работ и услуг в области лесоводства, полному освоению лесосечного фонда и развитию рыночных отношений в лесном хозяйстве может быть реализовано через налоговый режим, подобный единому сельскохозяйственному налогу. Переход на уплату единого лесохозяйственного налога организациями аналогично с единым сельскохозяйственным налогом должен предусматривать замену уплаты налога на прибыль организаций, налога на добавленную стоимость, налога на имущество организаций и единого социального налога уплатой единого лесохозяйственного налога, исчисляемого по результатам хозяйствен-

ной деятельности организаций за налоговый период. Организации, перешедшие на уплату данного налога, уплачивают страховые взносы на обязательное пенсионное страхование в соответствии с законодательством Российской Федерации. Переход на единый лесохозяйственный налог позволит увеличить прибыль организаций, соответственно увеличить платежи за древесину, отпускаемую на корню, через процедуру аукционов, обеспечит равные конкурентные условия потенциальным участникам.

Лесохозяйственными товаропроизводителями признаются организации и индивидуальные предприниматели, производящие продукцию, работы, услуги по лесному хозяйству, осуществляющие переработку древесины и реализующие эту продукцию, при условии, что в общем доходе от реализации продукции (работ, услуг) таких организаций доля дохода от реализации произведенной ими продукции (работ, услуг) по лесному хозяйству составляет не менее 70

процентов. Объектом налогообложения признаются доходы, уменьшенные на величину расходов. Датой получения доходов признается день поступления средств на счета в банках и (или) в кассу, получения иного имущества (работ, услуг) и (или) имущественных прав (кассовый метод). Расходами налогоплательщиков признаются затраты после их фактической оплаты. Ставка единого лесохозяйственного налога может быть принята аналогично единому сельскохозяйственному налогу.

Переход на единый лесохозяйственный налог обеспечит условия для капитальных вложений, так как в соответствии с единым сельскохозяйственным налогом расходы на приобретение основных средств принимаются в момент ввода этих основных средств в эксплуатацию.

Механизм влияния введения единого лесохозяйственного налога рассмотрен в работе [7]. Выполненные расчеты показали, что общая сумма доходов бюджета может быть увеличена, так как увеличится налогооблагаемая база за счет перевода лесохозяйственных, лесовосстановительных и других работ в лесном хозяйстве на контрактный (подрядный) метод.

Реформирование экономической организации лесного хозяйства в направлении формирования рыночных условий является насущной задачей, требующей системного подхода к специфическому объекту управ-

ления – лесному фонду, составляющему национальное богатство и обеспечивающему решение экологических, социальных и экономических задач развития.

Библиографический список

1. Васин И.А. Лесные торги сегодня. Будут ли они уместны завтра / И.А. Васин // Лесное хозяйство. – №4. – 2004. – С. 9–11.
2. Моисеев Н.А. Экономический механизм организации устойчивого пользования и управления лесами / Н.А.Моисеев // Стратегия развития лесопромышленного комплекса Российской Федерации в XXI веке: Материалы междунар. науч. конф. – М.: МГУЛ, 2000. – С. 46–51.
3. Налоговый кодекс Российской Федерации. Часть вторая. Закон РФ от 05.08.2000 № 117-ФЗ (с посл. допол. и изменен.) [Электронный ресурс].
4. Институциональные реформы в лесном хозяйстве: Учебное пособие / А.П. Петров, Н.В. Ловцова, Н.М. Ельчев, И.Б. Хазинов. – М.: МГУЛ, 2001. – 153 с.
5. Смоленникова Л.В. Состояние использования и воспроизводства лесных ресурсов с позиции устойчивого управления лесами (на примере Республики Марий Эл) / Л.В. Смоленникова, Л.М. Чернякевич. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – 168 с. – Деп. В ВИНТИ 07.06.01 №1414 – В2001.
6. Трансформация системы управления лесным хозяйством и ее экономическое обоснование: Отчет по НИР / Л.М. Чернякевич и др. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – 279 с.
7. Чернякевич Л.М. Структурные и экономические реформы системы государственного лесопользования и ведения лесного хозяйства / Чернякевич Л.М.: Научное издание. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. – 260 с.

ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В РЫНОЧНОЙ СРЕДЕ

С.В. ФРОЛОВ, *асп. Государственного Университета Гуманитарных Наук (ГУГН)*

В настоящее время эффективное функционирование предприятия невозможно без его правильного позиционирования на рынке или отдельном рыночном сегменте. Для достижения этого руководители, используя сильные стороны предприятия, добиваются конкурентных преимуществ на рынке или рыночном сегменте, тем самым создавая необходимые предпосылки для его

эффективной деятельности в будущем. Это гораздо перспективнее получения быстрой выгоды от проведения сиюминутных сделок.

Автор считает, что особую значимость проблема правильного позиционирования имеет для предприятий лесного комплекса в связи с его специфической институциональной средой, где преобладают небольшие предприятия, руководители которых часто не

имеют значительного опыта деятельности в лесной сфере. Это заставляет их без определенного обоснования переориентировать направления деятельности, тем самым снижая конкурентоспособность своих предприятий и ухудшая их функционирование.

Вопросам позиционирования предприятия уделяют внимание многие специалисты в области стратегического менеджмента. Например, И. Ансофф в своей работе «Стратегическое управление» указывает, что для успешного позиционирования предприятия его необходимо оценить «взглядом из внешнего мира», а это требует проведения корректного анализа внешней среды и корреляции ее с потенциалом предприятия. [1]

Как указывалось выше, позиционирование осуществляется в результате сегментации. Данный термин был впервые введен в пятидесятые годы Уэнделлом Смитом [2] в связи с переориентацией производителей на запросы потенциальных клиентов.

При сегментации осуществляется выбор приоритетных сфер деятельности предприятия, определяется целевая группа, включающая потребителей производимой продукции в соответствии со структурой их спроса, а также географическая направляющая.

Таким образом, сегмент рынка – это совокупность потребителей с одинаковой реакцией на определенные свойства товара и действия маркетинга, которые определяются в результате их дифференцирования по типам, различиям в потребностях, характеристиках и т.д.

Осуществляя сегментацию, предприятие:

1. На основе анализа своего потенциала, номенклатуры продукции, ее жизненного цикла и технологии производства определяет конкретный перечень целевых рынков, на которые оно хочет получить доступ;

2. Используя матричный анализ, формирует так называемые зоны стратегического хозяйствования для оценки их перспективности с точки зрения привлекательности и возможности успешной конкуренции. По мнению специалистов в качестве критерия привлекательности сегмента можно взять потенциал

роста, увеличение рентабельности и общие тенденции развития макросреды. [3]

3. Учитывая возможные изменения спроса, рентабельности предприятия, производственного потенциала определяет способы позиционирования в соответствующих рыночных сегментах.

Сегментирование может осуществляться по нескольким признакам. Например, некоторые авторы разделяют сегментацию на микро и макро. При макросегментации определяются товарные рынки в соответствии с тремя основными вопросами, стоящими перед предприятием и связанными с портфельной стратегией:

- вид бизнеса предприятия;
- перспективный для предприятия вид бизнеса;
- неперспективный вид бизнеса, от которого следует отказаться.

При микросегментации детализируются внутрирыночные потребности, определенные на стадии макросегментации и детализируются сегменты с целью достижения максимальной однородности спроса внутри каждого сегмента. Для этого можно использовать критерии сегментации рынка, разработанные немецким маркетологом Г.Г. Леттау (табл. 1).

Данная классификация предусматривает две основные группы критериев сегментации: по характеру и назначению товара для определенной группы потребителей и по типу потребителей. Кроме того, можно проводить сегментацию рынка в соответствии со степенью конкуренции в сегменте и имеющимся конкурентом.

Сегментацию рынка лесотехнической продукции можно осуществить в соответствии со следующими принципами:

1. Сегментация клиентов по роду деятельности (строительные организации, частные фирмы, домохозяйства и т.д.);

2. Сегментация продукции на стандартную, специальную, заказную. Особенно это касается сектора деревообработки, где вероятна флуктуация товаров.

3. Сегментация по поставкам и каналам распределения продукции.

Критерии сегментации рынка

Критерии сегментации	Виды сегментов рынка
1. Сегменты, ориентированные на продажу предприятиям	Географические (региональные). Фирменно-демографические. Отраслевые. Технично-прикладные
2. Сегменты, ориентированные на продажу индивидуальным потребителям и пользователям	Географические (региональные). Социально-демографические. Социально-экономические. Ориентированные на тип потребления. Психологические. Ориентированные на средства массовой коммуникации. Ориентированные на жизненный стиль
3. Сегменты, определяемые выбранной рыночной стратегией	Определяемые продуктом. Ориентированные на цены. Ориентированные на качество. Определяемые стратегией сбыта

В результате сегментации рынка предприятие получает отдельные рыночные сегменты, которые часто называют стратегическими зонами хозяйствования. Выбираются наиболее перспективные из них с точки зрения прибыли, роста и т.п., то есть наиболее конкурентоспособные направления, в соответствии с которыми можно осуществить позиционирование.

Таким образом, при позиционировании предприятие выходит со своей продукцией на рынок или его часть, определенную в результате сегментации. Для этого используется маркетинговая программа, включающая различные конкурентные стратегии, которые предусматривают определенную номенклатуру товаров, логистические проработки, проведение ценовой политики и т.д. Многие зарубежные компании возлагают это на стратегические хозяйственные центры. По нашему мнению, в российских условиях относиться к данному делению в среде лесопромышленных предприятий нужно осторожно, так как, во-первых, среди них преобладают мелкие предприятия, не имеющие достаточно средств и персонала для выделения самостоятельных единиц, а во-вторых, не имеется опыта подобного деления.

Стратегии могут быть:

1. Наступательными, нацеленными на захват рынка или отдельной его части.
2. Оборонительными для защиты существующего положения предприятия.
3. Гибкими, позволяющими дифференцировать продукцию и быть направленными на завоевание той или иной группы потребителей и т.д.

Как указывалось выше, для корректного позиционирования нужно оценить правильную конкурентную позицию предприятия с помощью специальных исследований, направленных на определение:

- его устойчивости при сохранении существующей стратегии и возможных отклонений при ее модификации;
- конкурентных преимуществ по сравнению с другими предприятиями;
- привлекательности рынка с точки зрения потенциала роста, увеличения рентабельности и общих тенденций развития, а также позиции предприятия на нем.

Для этого сравниваются и анализируются:

1. Различные рыночные сегменты с последующим их ранжированием по степени привлекательности, реального и потенциального спроса, оценки рисков, связанных с выходом на них. В конечном счете, определяется целевой сегмент;
2. Предприятия, производящие аналогичную продукцию, которые могут составить конкуренцию в будущем, а также жесткость и динамика конкуренции;
3. Так называемые ключевые факторы успеха:
 - внутренний потенциал и способность к диверсификации;
 - рыночная доля предприятия и опыт деятельности в данной или аналогичной СХЗ;
 - наличие или отсутствие конкурентных стратегий и их эффективность;
 - степень корреляции процесса производства определенного товара и требуемых стратегических инвестиций;
 - степень интеграции предприятия;

– географическое расположение.

4. Конкурентоспособность предприятия путем сопоставления его позиции и позиции конкурентов по ключевым факторам успеха.

5. Конкурентная позиция предприятия, которая рассчитывается с учетом весовых коэффициентов, определяющих относительные значения ключевых факторов успеха.

Перспективы роста в намеченных СЗХ определяются с помощью:

- числа вероятных потребителей;
- темпов роста;
- перспектив расширения рынков;
- технологических аспектов, например темпов устаревания и обновления ассортимента продукции;
- вероятности насыщения спроса и т.п.

В качестве возможных критериев для учета рентабельности можно использовать:

- затраты для входа на рынок или выхода из него;
- динамику объемов продаж;
- уровень спроса;
- темпы реального обновления продукции и продолжительности ее жизненного цикла;
- активность основных конкурентов (внутренних и зарубежных);
- конкурентная среда;
- степень информационного воздействия;
- влияние потребителей и т.д.

Некоторые авторы при выборе конкретного целевого рынка предлагают учитывать различия между перспективами роста и рентабельностью в зависимости от сегмента, а также их привлекательность. Например, позиционируясь в новых СЗХ, обращают внимание на темпы роста и лишь затем на рост рентабельности. Для стабилизации предприятия в существующих зонах имеет значение увеличение рентабельности по сравнению с ростом.

Привлекательность рынка или рыночного сегмента определяется с учетом его емкости, требуемых расходов на маркетинг, темпов роста и т.д. Для этого используются различные технологии маркетинга. Например, замеры емкости рынка.

Обычно определяемый объем равен величине спроса и может быть вычислен с помощью статистических данных. При их отсутствии используют специальные методы расчета.

1.1 Определение емкости рынка на основе его структурных характеристик

Для этого учитывается общий объем производства продукции (Пр); объем ее экспорта государством и негосударственными торговыми организациями ($\mathcal{E}_г$, $\mathcal{E}_{нг}$); государственный и негосударственный импорт ($\text{Им}_г$, $\text{Им}_{нг}$); данные об остатках продукции на начало и конец анализируемого периода на складах производственных ($\text{O}_{пн}$, $\text{O}_{пк}$) и торговых организаций ($\text{O}_{тн}$, $\text{O}_{тк}$); изменение государственных запасов за тот же период ($\mathcal{Z}_{гн}$, $\mathcal{Z}_{гк}$). Используя перечисленные данные, рассчитываем суммарную емкость анализируемого рынка (Е), которая будет равна

$$E = \text{Пр} - (\mathcal{E}_г + \mathcal{E}_{нг}) + (\text{Им}_г + \text{Им}_{нг}) + (\text{O}_{пн} - \text{O}_{пк}) + (\text{O}_{тн} - \text{O}_{тк}) + (\mathcal{Z}_{гн} - \mathcal{Z}_{гк}).$$

1.2. Определение емкости рынка на основе суммирования первичных, повторных и дополнительных продаж

Потребители товара дифференцируются на первичных потребителей данной продукции (рынок первичных продаж – $E_{перв}$), тех кто покупает товар на замену старого (повторные или вторичные продажи – $E_{повт}$), и тех, кто приобретает второй, третий и так далее экземпляры товара дополнительно к уже имеющемуся (дополнительные продажи – $E_{доп}$). Учитывая это, можно определить общий объем реализации

$$E = E_{перв} + E_{повт} + E_{доп}.$$

Для каждой конкретной фирмы данные продажи распределены во времени: повторные и дополнительные продажи могут иметь место только в том случае, если были первичные. Однако для рынка в целом в каждый фиксированный момент времени присутствуют все три типа покупателей. Поэтому для оценки емкости рынка большое значение имеет измерение их активности.

Матрица Мак-Кинси для выбора СХЗ

		Привлекательность СХЗ		
		-5	0	+5
КСФ	+5	Извлечь максимальную выгоду и уйти	Реинвестировать	Инвестировать, реинвестировать, сохранять позиции
	0	Медленно уходить	Извлечь максимальную выгоду и уйти	Инвестировать, реинвестировать, наращивать потенциал
	-5	Быстро уходить	Медленно уходить	Инвестировать или уходить

Руководствуясь привлекательностью СХЗ и конкурентного статуса предприятия. Решение о включении зоны в стратегический портфель или исключении из него, а также о выборе подходящей стратегии принимается. Для этого можно использовать матрицу Мак-Кинси (табл. 2).

Более эффективному выбору стратегических зон хозяйствования могут способствовать факторы синергизма, позволяющие определить влияния решений, принимаемых в одних зонах, на позицию других.

Подобная оценка осуществляется следующим образом:

- составляется матрица (в столбцах – прибыльные СХЗ, в строках – дотируемые);
- на пересечении ячеек отмечается оценка поступления и отдачи финансовых ресурсов;
- в столбцах оценивается значение данной СХЗ для всех остальных;
- определяется средняя величина синергизма всего набора. Синергизма можно достичь в результате использования общих производственных мощностей, обслуживающих подразделений и т.д.

После проведения вышеобозначенных исследований строятся графики динамики наборов СХЗ с учетом стадии их жизненного цикла. Затем они сравниваются между собой и выбираются варианты, не имеющие провалов или разрывов. При необходимости производится требуемая корректировка (например, смещение сроков начала и окончания работ по освоению СХЗ).

Данный метод обеспечивает стратегическую гибкость предприятия, позволяющую быстро скорректировать деятельность предприятия в случае изменения условий хозяйствования.

Сегментация рынка и позиционирование предприятия в выбранных сегментах требует учета некоторых принципов:

1. Достижение однородности сегмента. При сегментировании необходимо добиваться определения границ сегмента, то есть его однородности. Для этого необходимо выделять одинаковые по своим свойствам товары, отличающиеся от товаров другого сегмента. Это позволяет добиться сокращения издержек и эффективной логистики из-за высокого уровня специализации. Нарушение однородности сегмента повышает затраты на продвижение продукции, сокращает рыночную долю предприятия.

2. Соответствие емкости выбранного сегмента рынка возможностям организации. Для эффективного функционирования в сегменте требуется корреляция его емкости оптимальному объему производства продукции. При этом обеспечиваются минимальные издержки производства и реализации товара. Несоответственно большие или малые объемы производства и реализации могут сократить рыночную долю.

3. Необходимость постоянного отслеживания изменений емкости сегмента. На объем продаж в сегменте влияет количество реальных потребителей и объем закупаемой ими продукции. Поэтому колебания конъюнктуры могут изменить данные характеристики. Попытка увеличить объемы продаж в сегменте со снижающейся емкостью приводит к убыткам. В тоже время адекватное следование изменению емкости сегмента также не всегда эффективно. Например, сокращение объема продаж в соответствии с уменьшением емкости сегмента может нарушить минимизацию удельных затрат на производство и реализацию товаров. В этом случае целесообразнее

разрабатывать более перспективные и стабильно развивающиеся сегменты рынка.

4. Удачная логистика в выбранном сегменте рынка. Успех реализации продукции соответствует хорошо организованной логистике. В противном случае, то есть при невозможности противостоять конкурентам в области реализации продукции, рекламного воздействия и т.д. объемы продаж могут быть сокращены.

Кроме того, при сегментации могут возникнуть проблемные моменты, вызванные ориентацией многих руководителей на старый стиль управления, когда внешнее окружение рассматривается с позиций товаров, производимых в течение многих лет. Однако это может противоречить рыночным условиям с их турбулентностью внешней среды и непредсказуемыми ситуациями.

Постоянного наблюдения и анализа требуют также множество переменных, существующих в СЗХ. Среди них перспективы роста и рентабельности, ожидаемый уровень нестабильности, поиск ключевых факторов успешной конкуренции и т.д. Все они трудно предсказуемы. Для принятия рационального решения по выбору СЗХ и распределению ресурсов между ними в процессе сегментации должен осуществляться анализ большого числа вариантов.

В тоже время довольно сложно проанализировать сами параметры. Так, например, перспективы роста должны оцениваться не только темпами роста отрасли, но и по характеристикам жизненного цикла спроса. Если жизненный цикл спроса на продукцию предприятия выявит, что она находится на стадии насыщения или стадии замедленного роста, ее желательно обновить или разработать новую. На перспективы развития может также повлиять ожидаемый уровень нестабильности, включая экономическую нестабильность, высокие темпы инфляции, что препятствует капиталовложениям в производство.

Выбирая СЗХ, рекомендуется обращать внимание на определенные моменты. Например, И. Ансофф рекомендует учитывать следующие факторы:

– перспективы роста в выбранной СЗХ определяют не только темпы роста

продукта, но и характеристики его жизненного цикла;

– перспективы рентабельности и прибыли часто не совпадают;

– ожидаемый уровень нестабильности играет важную роль, так как он часто меняет перспективы развития, что воздействует на планы организации;

– успеху предприятия в СЗХ содействуют так называемые ключевые факторы успеха.

Для корректного позиционирования предприятия существует несколько методических приемов. Например, матрица И. Ансоффа, матрица БКГ, модель Мак-Кинси и т.д. Одним из эффективных приемов является матрица, разработанная Бостонской консультационной группой (БКГ). Данная матрица в качестве показателя перспектив развития предприятия использует два критерия – темпы роста целевого сегмента рынка как характеристику его привлекательности и долю рынка относительно наиболее крупного конкурента как характеристику конкурентоспособности. Кроме того, не менее эффективна модель Мак-Кинзи и т.д.

Таким образом, на эффективность позиционирования предприятия в значительной мере влияют используемые им корпоративная и маркетинговые стратегии. Например, в зависимости от потенциала предприятия можно выбрать защитную стратегию, стратегию атаки и т.д. В частности, стратегия, предусматривающая глубокие маркетинговые проработки, может увеличить узнаваемость товара и т.д. Стратегия, направленная на расширение масштабов производства или вертикальную интеграцию, повышает входные барьеры. В данном случае на положение предприятия частично оказывают воздействие внешние силы, частично шаги самого предприятия.

Библиографический список

1. Ансофф И. Стратегическое управление – М.: Экономика, 1989.
2. Гапоненко А.Л., Панкрухин А.П. Стратегическое управление: Учебник. – М.: Омега-Л, 2004.
3. Веснин В.Р. Основы менеджмента: Учебник – М.: ООО «Т.Д. «Элит-2000», 2002.
4. Виханский О.С. Стратегическое управление: Учебник. – М.: Гардарики, 1998.

ОЦЕНКИ ОПТИМАЛЬНОСТИ РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ

В.М. КУРЗИНА, доц. каф. высшей математики МГУЛ, канд. техн. наук,
П.А. КУРЗИН, ст. лаборант каф. высшей математики МГУЛ

В настоящее время методы оптимизации получили широкое признание и используются при решении задач в различных отраслях перспективных исследований. Распределительные задачи, приводящие к решению транспортной задачи, имеют место не только при определении оптимальных перевозок, но и при организации оптимальной загрузки оборудования, назначении на направления работ сотрудников компании, определении приоритетных направлений в выполнении проектов, имеющих на данный момент неполное финансирование. В виду достаточности для практических целей получаемых решений рассматриваемых задач, путем сведения их к транспортной задаче, такие математические модели занимают важное место среди математических методов, используемых в прикладных отраслях науки. При этом наблюдается не всегда корректное использование как самих математических методов, так и их составляющих элементов.

Важным моментом, способствовавшим взаимопониманию учёных разных специальностей, стала математизация всех наук, что позволяет говорить о математике как об универсальном языке общения учёных. По этой причине методологические разночтения в изложении основных принципов использования методов оптимизации или формульное разнообразие в задании одной и той же величины не должны иметь места не только в научной, но и особенно в учебной литературе.

Например, в отечественной учебной литературе, адресованной обучающимся нематематических специальностей, изданной в последние пять лет, часто встречается применение искаженной формулы вычисления оценок для определения оптимальности плана транспортной задачи. Эти оценки для одной и той же клетки должны быть одина-

ковыми, каким бы способом мы их ни вычисляли. На практике получается, что её значение может изменяться как по величине, так и по знаку, в зависимости от того, какой автор излагает метод потенциалов вычисления оценок свободных клеток таблицы поставок транспортной задачи. Метод потенциалов является одним из наиболее популярных после метода дифференциальных рент. Это метод поиска оптимального плана транспортной задачи.

Пусть в транспортной задаче о распределении материальных средств между i ($i = 1, m$) поставщиками и j ($j = 1, n$) потребителями c_{ij} означает тариф перевозки одной единицы товара от i -го поставщика к j -му потребителю. Ищется оптимальный план перевозок, при котором стоимость всех перевозок будет минимальной. Для оценки оптимальности плана используется множество чисел $u_1, \dots, u_m, v_1, \dots, v_n$, которые называются потенциалами (иногда весами) строк и столбцов таблицы поставок.

В классической математической литературе [1, 2] по методам оптимизации потенциалы находятся по тарифам занятых клеток по формуле

$$c_{ij} = u_i + v_j, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n. \quad (1)$$

При этом для вычисления оценок свободных клеток таблицы поставок формула имеет вид

$$\delta_{ij} = c_{ij} - u_i - v_j, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n, \quad (2)$$

что и позволяет получать то же значение оценки свободной клетки, что и при вычислении её распределительным методом. В распределительном методе отрицательность оценки свободной клетки говорит о ее потенциальной возможности уменьшить величину стоимости поставок на вычисленное число единиц на каждую единицу поставки.

Логично использовать для перераспределения поставок ту клетку таблицы поставок, которая обладает наибольшей потенциальной возможностью уменьшить стоимость суммарных перевозок от всех поставщиков ко всем потребителям. На основании этой логики выбора получается критерий оптимальности плана транспортной задачи.

Оптимальным будет план, для которого все оценки свободных клеток положительны. Этот результат получается в [1] из аналитического исследования возможного решения системы линейных алгебраических уравнений, представляющих математическую модель транспортной задачи.

Если обратимся к учебному пособию [3], то вычисление оценки свободной клетки делается по формуле

$$\delta_{ij} = u_i + v_j - c_{ij}, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n, \quad (3)$$

что меняет её знак на противоположный. Следовательно, при поиске оптимального решения с использованием этой формулы вычисления потенциалов следует перераспределять все те свободные клетки, оценки которых положительны. Замена формулы вычисления оценок приводит к качественному изменению критерия поиска оптимального решения транспортной задачи, а именно: теперь оптимальный план будет получаться при всех отрицательных оценках свободных клеток. По формуле (3) оценка свободной клетки имеет положительное значение, а следовательно, не несет смысловой нагрузки о результате ее перераспределения. Достигнутая при этом абстрактная идентичность критерия оптимальности плана с задачей линейного программирования привела к потере логической связи алгоритма поиска оптимального плана с характером изменения значений целевой функции при переходе от одного плана к другому.

В [4] оценки по методу потенциалов предлагается находить по формуле

$$\delta_{ij} = v_j - u_i - c_{ij}, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n, \quad (4)$$

а сами потенциалы по формуле

$$v_j - u_i = c_{ij}, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n. \quad (5)$$

И в этом случае план будет оптимальным, если среди оценок свободных клеток нет положительных. Использование такой формулы вычисления потенциалов приводит и к некоторым вычислительным затруднениям, поскольку приходится подбирать разности двух чисел. И опять, как и в предыдущем случае, теряется экономический смысловой подтекст задачи: она абстрагируется, а значит, необоснованно усложняется.

Это приводит к искажению смысла методики поиска оптимального решения. В методологическом плане преподавание предмета по различным учебникам ведёт к путанице, неоправданной в условиях современных возможностей унификации и систематизации.

К сожалению, приведенный пример не единственный из тех моментов, которые порождают разночтения научных публикаций, использующих для решения экономических задач методы оптимизации и в том числе в качестве математической модели транспортную задачу. Таким образом, в настоящее время назрела задача приведения к единству методологии преподавания методов оптимизации.

Библиографический список

1. Акоф Р., Сасиени М. Основы исследования операций. – М.: Мир, 1971. – 534 с.
2. Кузнецов Ю. Н., Кузубов В. И., Волощенко А. Б. Математическое программирование. – М.: Высшая школа, 1998. – 300 с.
3. Исследование операций в экономике: Учебное пособие для вузов / Н.Ш. Кремер, Б.А. Пугко, И.М. Тришин, М.Н. Фридман; Под ред. проф. Н.Ш. Кремера. – М.: ЮНИТИ, 2002. – 407 с.
4. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах. – М.: Высшая школа, 1996. – 336 с.

ПРОГНОЗНО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В СИСТЕМЕ АНАЛИЗА РАЗВИТИЯ СУХОПУТНОГО ЛЕСОВОЗНОГО ТРАНСПОРТА

С.И. СУШКОВ, *ГУ Теллермановское опытное лесничество Института лесоведения РАН, д-р техн. наук*

Комплекс моделей рассматриваемого класса, используемые для прогнозирования и анализа потребительского спроса на транспортные услуги по перевозке лесоматериалов и некоторых других процессов, не в полной мере поддающихся в условиях рыночной экономики директивному планированию. Поэтому, здесь будут рассматриваться модели, предназначенные для решения двух групп задач: корреляционно-регрессионное моделирование прогноза экономических показателей ввоза-вывоза лесоматериалов и статистическое моделирование прогноза по динамическим рядам [1–5].

Основной сущностью задач прогнозно-аналитического моделирования динамики показателей являются:

- совершенствование динамики экономических показателей на основе современных методов анализа и развития транспортных составляющих во времени;
- увязка и согласование прогнозов с реальными рыночными отношениями;
- повышение точности и обоснованности прогнозирования и планирования показателей;
- сокращение трудоемкости выполнения расчетов за счет автоматизации обработки данных.

Комплекс моделей, предназначенных для статистического анализа и прогнозирования транспортно-грузовых процессов, исследуемых на основе выявления основной тенденции развития и оценки отклонений. При этом должна обеспечиваться возможность вариантов расчетов прогнозируемых показателей в зависимости от конкретных условий производств в анализируемом периоде.

Все формализованные методы для определения значений планируемых показателей разделяются на два класса.

Первый класс объединяет методы, которые для определения будущего значения показателей не используют плановые и прогнозные значения других показателей. Сюда относятся, в первую очередь, статистические методы прогноза по динамическим рядам значений показателя, использующих только данные наблюдений, отчетов о прошлых значениях исследуемого показателя в определенные моменты времени.

Второй класс составляют методы, использующие в составе исходной информации плановые (бизнес-плановые) значения других показателей. Сюда включают: однофакторные и многофакторные модели регрессионно-корреляционного типа, использующие в качестве независимых переменных не время, а другие факторы; нормативные методы, использующие различного рода зависимости между прогнозными значениями исследуемых показателей.

Основной предпосылкой применения статистических методов для прогнозирования является то, что они дают удовлетворительные по точности результаты, если тенденция изменения рассматриваемого показателя и механизм формирования его значения устойчивы и сохраняются в анализируемом периоде. При резких изменениях тенденций и характера взаимосвязей точность результатов ухудшается. При краткосрочном (годовом) планировании резкие изменения мало вероятны, что обуславливает более широкую область применения статистических методов.

При долгосрочном прогнозировании (на 10–15 лет) надежность прогнозов экспертов по сравнению со статистическими методами еще более возрастает.

Разработка модели начинается с определения её назначения и круга объектов, для которых она будет использоваться (ана-

лиз прошлого развития лесовозного транспорта и складывающихся тенденций, оценка результатов производственной деятельности предприятий, прогнозирование, разработка экономических нормативов).

Моделируемые объекты делятся по важнейшим характеристикам на однородные классы, для каждого из которых разрабатываются соответствующие модели. Определяется уровень моделирования и перечень учитываемых факторов.

Форма зависимости между факторами и результирующей величиной устанавливается, прежде всего, из логических соображений. Наиболее распространенные формы зависимостей между экономическими показателями приведены в табл. 1.

Линейные равенства применяют обычно при анализе зависимости расходов по отдельным статьям эксплуатационных расходов от одного или нескольких измерителей (производств, занимающихся смежными технологическими процессами), причем:

- δ_i – значение измерителей;
- \dot{a}_i – соответствующие расходные ставки;
- \dot{a}_n – независимые издержки в составе данной статьи.

Обратная зависимость имеется, например, между себестоимостью y и размерами (объемами) продукции (грузов) x в приведенных единицах, причем:

- \dot{a}_n – переменные доходы на единицу;
- \dot{a}_1 – сумма постоянных издержек;

\tilde{n} – величина издержек.

Степенные зависимости применяются в случаях, когда результирующая величина равна нулю при нулевом значении хотя бы одного из учтенных факторов. Степени \dot{a}_i могут быть дробными и отрицательными.

В данной форме выражается, например, зависимость валового (вывезенного и реализованного лесоматериала) дохода от числа работников и величины производственных фондов. Приведение к линейной форме достигается логарифмированием

$$\lg y = L_0 + a_1 \lg x, \quad (1)$$

где

$$L_0 = \lg a_0.$$

Параболические модели чаще всего применяются для анализа однофакторных зависимостей в случае нелинейного изменения в его составе $\dot{a}_n > 0$. При $\dot{a}_2 > 0$ – зависимость выпуклая кверху, при $\dot{a}_2 < 0$ – выпуклая снизу. Обозначив $\delta^2 = z$, данную модель можно свести в двухфакторную линейную зависимость

$$\dot{o} = \dot{a}_n + \dot{a}_1 \delta + \dot{a}_2 z. \quad (2)$$

Зависимости насыщения, к числу которых относится логическая кривая, описывают, например, динамику спроса на продукцию лесной отрасли на недефицитные позиции. Влияющим фактором, как правило, является время. Кривая отражает ускоренный рост спроса в период первоначального распределения нового вида лесной продукции и повышения его популярности, а затем – замедление роста по мере удовлетворения спроса.

Т а б л и ц а 1

Номер строки	Формы зависимости	Вид зависимости	
		Однофакторная	Многофакторная
1	Линейная	$\dot{o} = \dot{a}_n + \dot{a}_1 \delta$	$\dot{o} = \dot{a}_n + \dot{a}_1 \delta_1 + \dots + \dot{a}_o \delta_o$
2	Обратно пропорциональная	$\dot{o} = \dot{a}_n + \frac{\dot{a}_1}{\delta}$	$\dot{o} = \dot{a}_n + \frac{\dot{a}_1}{\delta_1} + \dots + \frac{\dot{a}_o}{\delta_o}$
3	Степенная	$\dot{o} = \dot{a}_n \delta^{\dot{a}_1}$	$\dot{o} = \dot{a}_n \delta_1^{\dot{a}_1} \delta_2^{\dot{a}_2} \dots \delta_o^{\dot{a}_o}$
4	Параболическая	$\dot{o} = \dot{a}_n + \dot{a}_1 \delta + \dot{a}_2 \delta^2$	$\dot{o} = \dot{a}_n + \sum_{i=1}^o (\dot{a}_{i1} \delta_i + \dot{a}_{i2} \delta_i^2)$
5	Логистическая	$\dot{o} = \frac{1}{(\dot{a} + \frac{\hat{a}}{\tilde{n}^{\dot{o}}})}$	

Для определения численности величины параметров использования грузоперевозок, применяется метод наименьших квадратов

$$\sum_{i=1}^n (y_i^a - y_i^o) \rightarrow \min, \quad (3)$$

где n – число пунктов ввоза-вывоза (объектов);

\hat{y}_i^a, y_i^o – соответственно вычисленное и фактическое значение признака.

Для определения коэффициентов рассматриваемых зависимостей используется система нормальных уравнений метода наименьших квадратов, решение которой дает искомые значения \hat{a}_n и \hat{a}_1 . Значения $\sum x_i, \sum y_i, \sum x_i^2, \sum x_i y_i$ определяются сложением соответствующих величин по всем объектам обследованной совокупности.

Системы нормальных уравнений имеют вид

для линейной зависимости:

$$\begin{aligned} \hat{a}_n + \hat{a}_1 \sum_i \delta_i &= \sum_i y_i, \\ a_c \sum_i x_i + a_1 \sum_i x_i^2 &= \sum_i x_i y_i; \end{aligned} \quad (4)$$

для линейно-логарифмической зависимости:

$$\begin{aligned} \hat{a}_n + \hat{a}_1 \sum \lg x &= \sum \lg y, \\ \hat{a}_0 \sum \lg x + a_1 \sum \lg^2 x &= \sum \lg x \lg y; \end{aligned} \quad (5)$$

для многокритериальных зависимостей:

$$\begin{aligned} na_c + a_1 \sum x_1 + a_2 \sum x_2 + \dots + a_m \sum x_m &= \sum y, \\ a_c \sum x_1 + a_1 \sum x_1^2 + a_2 \sum x_1 x_2 + a_m \sum x_1 x_m &= \sum x_1 y, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_c \sum x_2 + a_1 \sum x_1 x_2 + a_2 \sum x_2^2 + \dots + a_m \sum x_2 x_m &= \sum x_2 y, \\ \dots \\ a_c \sum x_m + a_1 \sum x_1 x_m + a_2 \sum x_2 x_m + \dots + a_m \sum x_m^2 &= \sum x_m y. \end{aligned} \quad (6)$$

Подставив найденные значения транспортно-эксплуатационных параметров в выбранную формулу зависимости, получаем конкретный вид модели. Для выбора лучшего варианта корреляционной модели используется остаточная дисперсия, характеризующая отклонения фактических значений \hat{y}_i от вычисленных по модели. Остаточная дисперсия по совокупности n обследованных объектов

$$S_{\text{ин}}^2 = \frac{\sum (\hat{y}_i - y_i^o)^2}{i}, \quad (7)$$

где \hat{y}_i, y_i^o – соответственно вычисленные и фактические значения факторов.

Как видно из вышеизложенного точность прогноза повышается при увеличении численности совокупности, используемой для вывода модели.

Библиографический список

1. Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования. – М.: Статистика, 1977. – 200 с.
2. Чувев Ю.В., Михайлов Ю.Б., Кузьмин В.И. Прогнозирование количественных характеристик процессов. – М.: Советское радио, 1975. – 398 с.
3. Машина М.К., Марчуков А.С., Розе В.А. Статистическая модель прогноза по динамическим рядам // Труды ИКТП. – М., 1974. – Вып. 48. – С. 5–46.
4. Алябьев В.И. Основы математического моделирования лесопромышленных процессов: Пособие аспирантам. – М.: ЦНИИМЭ, 1990. – 398 с.
5. Математическое моделирование экономических процессов на железнодорожном транспорте / Под. Ред. А.Б. Каплана. – М.: Транспорт, 1984. – 256 с.

МЕТОДЫ УСТАНОВЛЕНИЯ СТАРТОВЫХ ЦЕН НА ДРЕВЕСИНУ НА КОРНЮ ПРИ АУКЦИОННЫХ ПРОДАЖАХ

П.В. АРТЕМЬЕВ, *асп. каф. бухгалтерского учета, экономического анализа и аудита МГУЛ*

На практике применяют два метода определения стартовой цены древесины на корню:

1. По остаточной стоимости – расчетный метод – за основу берутся в зависимости от характера лесного рынка рыночные цены

либо на круглые лесоматериалы, либо на конечную лесопroduкцию (пиломатериалы, целлюлозу, фанеру) и нормативные затраты на заготовку и переработку древесины.

2. На основании сделок – статистический, базирующийся на фактических ценах по аукционным сделкам, его целесообразно применять при наличии конкурирующего рынка древесины на корню и большого количества совершенных в предшествующий период сделок. К плюсам метода относится его сравнительная простота.

Метод нормативных затрат

Формула исчисления лесной ренты на базе цен на конечную продукцию деревопереработки, нормативных затрат на ее производство по всем переделам работ, включая заготовку и транспортировку круглых лесоматериалов выглядит следующим образом [5]:

$$r = \frac{P_0 - R_0 - C_0}{m} - C_t - R_1 - C_1, \quad (1)$$

где r – лесная рента, руб/м³;

P_0 – цена конечной продукции деревопереработки, руб/м³;

R_0 – нормативная прибыль в производстве конечной продукции, руб/м³;

C_0 – издержки на производство конечной продукции, руб/м³;

C_t – транспортные расходы на доставку кубометра круглых лесоматериалов к пункту из переработки руб/м³;

R_1 – нормативная прибыль на лесозаготовках, руб/м³;

C_1 – издержки производства на лесозаготовках, руб/м³;

m – расход древесины в кубометрах на единицу конечной продукции.

Из формулы (1) видно, что всем участникам лесопользования гарантируется получение нормативной прибыли.

При этом полученная по вышеуказанной формуле величина платежа должна быть согласована со стоимостью работ по лесовосстановлению, включающей затраты и нормативную прибыль лесохозяйственного производства,

$$r \geq S + R_f, \quad (2)$$

где S – нормативные затраты в лесохозяйственном производстве, руб./м³;

R_f – нормативная прибыль в лесохозяйственном производстве, руб./м³.

Возможные подходы к формированию валового дохода при использовании древесных ресурсов:

– продукция представлена круглыми лесоматериалами, реализуемыми либо в лесу, либо на нижних складах (пиловочник, балансы, фанерный кряж и др.);

– валовый доход образует конечная продукция переработки древесины (пиломатериалы, целлюлоза, бумага, фанера и др.).

Каждый из этих подходов имеет свои положительные и отрицательные стороны.

Оценка лесной ренты на базе валового дохода от реализации круглых лесоматериалов не требует сложных расчетов и привлечения большого количества информации о затратах и доходах по всем переделам работ, начиная от лесосеки и заканчивая производством конечной продукции. Однако в данном случае не учитывается основной лесной доход в виде прибыли, который традиционно в силу сложившейся структуры цен и затрат аккумулируется в производствах конечной продукции.

Только на производствах конечной продукции, где отсутствует влияние природных факторов, существуют большие резервы как для снижения затрат под влиянием технического прогресса, так и для увеличения цен на продукцию через повышение качества и постоянное изменение ассортимента (диверсификация).

При наличии достоверной информации о затратах и доходах применение формулы определения ренты (1) позволяет установить базу для переговоров между представителем собственника участков лесного фонда и потенциальными лесопользователями в субъекте Федерации.

При этом определяются базовые ставки платежей за пользование лесным фондом, дифференцированные по направлениям конечного потребления древесины, породам и размерам с установленными сроками их действия (год, полугодие, квартал).

Базовые ставки платежей за пользование лесным фондом определяют собой лишь стартовую цену древесины на корню для проведения торгов (конкурса или аукциона), где они будут корректироваться заинтересованными сторонами в зависимости от:

- характеристик лесного фонда;
- инвестиционной деятельности лесопользователя;
- обязательств лесопользователя по лесовосстановлению на участке лесного фонда, передаваемом в пользование.

Решающее влияние на размер базовых ставок оказывают:

- цены на конечную продукцию;
- транспортные расходы, а также существующие налоги.

Данный подход к исчислению рентных платежей имеет место во многих странах. Пример Канада, где плата за лесные ресурсы формируется в разрезе пород, сортности и направлений использования.

Метод моделирования аукционных цен

Для достижения цены, которая отражала бы реальную стоимость древесины, важно установить соответствующие стартовые цены и обеспечить адекватный уровень конкуренции среди участников аукциона.

Кроме того, продажа древесины на аукционах – наиболее перспективный способ связать величину платежей за пользование лесным фондом с уровнем рыночных цен на круглые лесоматериалы и пиломатериалы, с объемом их заготовки и вывозки [2].

Для анализа аукционных торгов за предыдущие годы используем метод регрессионного анализа. Суть его заключается в том, что анализу подвергается зависимость одного признака (результатирующего) от набора независимых (факторных) признаков. Разделение признаков на результирующий и факторные осуществляется на основе содержательных представлений об изучаемом явлении. Признаки могут быть как количественными, так и дихотомическими, т.е. принимающими лишь два значения (0 и 1).

Для корректного использования регрессионного анализа требуется выполнение определенных условий. Факторные признаки должны быть некоррелированы (отсутствие мультиколлинеарности). Число наблюдений должно превосходить число факторов в несколько раз, чтобы параметры уравнения множественной регрессии были статистически надежными. Исследуемая совокупность должна быть в достаточной мере качественно однородной.

При построении регрессионных моделей, прежде всего, возникает вопрос о виде функциональной зависимости, характеризующей взаимосвязи между результирующим признаком и несколькими признаками-факторами. Чаще всего ограничиваются линейной регрессией, т.е. зависимостью вида

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_mx_m + \varepsilon, \quad (3)$$

где Y – результирующий признак;

x_1, \dots, x_m – факторные признаки;

b_1, \dots, b_m – коэффициенты регрессии;

a – свободный член уравнения;

ε – «ошибка» модели.

Коэффициенты регрессии b_j определяются таким образом, чтобы рассогласования ε , характеризующие степень приближения реальных значений результирующего признака Y с помощью линейной модели ($a + b_1x_1 + \dots + b_mx_m$) были минимальными. Это достигается на основе метода наименьших квадратов.

Если уравнение множественной регрессии (3) уже построено, то в вариации результирующего признака Y можно выделить часть, обусловленную изменениями факторных признаков, т.е. объясненную с помощью регрессионной модели, и остаточную, необъясненную часть. Очевидно, чем большую часть вариации признака Y объясняет уравнение регрессии, тем точнее по значениям факторных признаков можно восстановить значение результирующего, и, следовательно, тем теснее связь между ними. Естественной мерой тесноты этой связи служит отношение дисперсии признака Y , объясненной регрессионной моделью, к общей дисперсии признака Y .

$$R^2_{Y/X_1, \dots, X_m} = \frac{\hat{Y} - \bar{Y}}{Y - \bar{Y}} = 1 - \frac{\hat{Y} - \bar{Y}}{Y - \bar{Y}}$$

Величина R называется коэффициентом множественной корреляции и определяет степень тесноты связи результирующего признака Y со всем набором факторных признаков X_1, \dots, X_m .

Значения R , близкие к нулю, указывают на отсутствие линейной связи признаков. Чем ближе R^2 к единице, тем точнее описывает уравнение регрессии (3) эмпирические данные.

Укажем содержательный смысл коэффициентов b_j , в уравнении множественной линейной регрессии (3): величина b_j – показывает, насколько в среднем изменяется результирующий признак Y при увеличении соответствующего фактора X_j на единицу шкалы его измерения при фиксированных (постоянных) значениях других факторов, входящих в уравнение регрессии (т.е. оценивается «чистое» воздействие каждого фактора на результат).

В том случае, когда модель множественной регрессии строится для выборочной совокупности, необходимо проверять значимость коэффициентов регрессии b_j , а также коэффициента множественной корреляции R .

Суть предлагаемой методики заключается в том, что на основе данных предыдущих аукционов по продаже леса на корню строится уравнение регрессии, которое позволяет определить стартовую цену для каждого конкретного участка.

При этом применяют следующий порядок:

1. Рассчитывается рыночная корневая цена по уравнению, переменные в котором есть характеристики конкретного участка.
2. Рассчитывается стартовая аукционная цена путем снижения рыночной корневой цены.

Согласно экономической теории, а также основываясь на опыте организации аукционных продаж за рубежом, в качестве

факторов, влияющих на конечную цену участка лесного фонда, были выбраны следующие:

- аукционная цена, проданного участка;
- площадь участка;
- рельеф местности;
- средний объем хлыста на всем участке;
- запас деловой древесины на участке;
- запас дровяной древесины на участке;
- породный состав древесины (участие каждой породы в формуле породного состава);
- минимальная ставка платежей за пользование лесным фондом;
- расстояние вывозки древесины (расположение участка относительно транспортных путей и/или пунктов потребления древесины);
- количество претендентов, принявших участие в аукционе.

Решение задачи регрессионного анализа разбито на несколько этапов:

- 1) предварительная обработка данных;
- 2) выбор вида уравнений регрессии;
- 3) вычисление коэффициентов уравнения регрессии;
- 4) проверка адекватности построенной функции результатам наблюдений.

Таким образом, зависимость цены от характеристик участка выражается следующим образом:

$$P = f(S, Q, Del, Drov, t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, Dist, N, P_{max}), \quad (4)$$

- где P – аукционная цена;
- S – площадь участка;
- Q – объем хлыста;
- Del – запас деловой древесины;
- $Drov$ – запас дровяной древесины;
- t_1 – участие сосны в формуле породного состава;
- t_2 – участие ели в формуле породного состава;
- t_3 – участие березы в формуле породного состава;

- t_4 – участие осины в формуле породного состава;
 t_5 – участие ольхи в формуле породного состава;
 P_{tax} – таксовая стоимость;
 $Dist$ – расстояние вывозки;
 N – количество участников аукциона.

При отсутствии мультиколлинеарности и выполнении остальных требований (они перечислены выше) модель множественной регрессии позволяет оценить значимость каждого из рассматриваемых факторов, определить степень существенности воздействия каждого фактора на результат, получить количественную оценку величины средних изменений результирующего признака при изменениях каждого из факторов (значения регрессионных коэффициентов b_j). Наконец, величина коэффициента множественной корреляции R дает оценку веса учтенных факторов в объяснении вариаций результирующего признака Y .

Результаты оценок, проведенных для Новгородской области, выглядят следующим образом, т.е. уравнение для расчета корневой цены можно записать как:

$$P = 52,4 + 10,9 \cdot Season + 47,4 \cdot Q + 0,26 \cdot Del - 0,57 \cdot Drov + 3,41 \cdot t_1 + 4,77 \cdot t_2 - 1,09 \cdot Dist + 10,4 \cdot N. \quad (5)$$

Таким образом, предлагаемый порядок расчета стартовой аукционной цены заключается в следующем:

Шаг 1. Рассчитывается рыночная корневая цена по уравнению (5).

Все полученные константы имеют правильные знаки и в подавляющем большинстве значимы на уровне 5 %.

Это уравнение оценивает рыночную стоимость или ожидаемую цену продажи, основанную на специфических характеристиках участка (описанных выше).

Шаг 2. Рассчитывается стартовая аукционная цена.

Рыночная корневая цена снижается на 10–15 % (минимальный шаг аукционных торгов). Однако, стартовая аукционная цена не может быть ниже затрат на лесовосстановление на участке, отведенным под рубку.

Регулярно орган управления лесным хозяйством пересматривает стартовые аукци-

онные цены. Любые изменения рыночной конъюнктуры (цен на пиломатериалы, спроса на древесину и т. д.), а также общей экономической ситуации в регионе (валовой внутренней продукт, индекс цен в промышленности и т. д.) должны быть учтены при переоценке.

Рассмотрим условия, при которых тот или иной метод оценки лесной ренты обеспечивает больший эффект для продавца ресурса.

Цены на аукционах дают корректную оценку, если торги проводятся на основе свободной конкуренции, т.е. в торгах принимают участие достаточное число покупателей, которые не подвергаются каким-либо ограничениям со стороны властей и имеют достаточную информацию. Потенциальные покупатели претендуют на право заготавливать древесину на определенной территории. Если выполнены все необходимые условия, то конечная цена равна стоимости древесины, т.е. рыночной стоимости за вычетом оптимальных издержек. Оптимальные издержки включают в себя как текущие издержки, капитальные затраты, а именно стоимость материально-технических запасов, строительства дорог, заготовки, распилки и вывоза древесины, так и конкурентную норму прибыли [4].

Аукционы являются наиболее точным способом определения ренты, поскольку сами власти никак не участвуют в определении стоимости древесины. Покупатели точно знают свои издержки, и учитывают их при назначении цены. Поэтому свободные аукционы должны автоматически «придти» к реальной рыночной стоимости древесины: выявлена готовность покупателей платить определенную сумму денег, которая равна ренте плюс оптимальные издержки, а органы власти автоматически присваивают ренту, устанавливая цену, соответствующую максимальной готовности платить. При этом власти не знают точно, какова доля ренты в уплаченной цене, но какова бы она не была, рента целиком улавливается.

На практике при проведении аукционов возможны следующие искажающие факторы. Покупатели зачастую не имеют полной информации о выставляемых на продажу лесных делянках, возможны согласован-

ные действия или сговор покупателей, которые стремятся снизить цены, лишь ограниченное число лесозаготовителей претендует на данную лесную делянку, возможна коррумпированность должностных лиц, которые воспрепятствуют продаже делянки тому, кто назначил наивысшую цену.

В случае применения второго метода органы власти сами оценивают издержки, которые несет лесопромышленник, и вычитают их из цены для того, чтобы вычислить рыночную стоимость древесины, или лесную ренту, которая потом улавливается различными путями. Рыночная стоимость древесины равна максимальной цене, которую готов уплатить покупатель на конкурентном рынке. Оценка стоимости древесины – это многостадийная задача, поскольку требуется провести инвентаризацию лесных угодий, определить рыночные цены на круглый лес и лесоматериалы, оценить альтернативные стоимости, как указывалось выше, и конкурентную норму прибыли. Долговременные производственные издержки тоже должны быть учтены, включая стоимость дорог, противопожарных мероприятий, мероприятий по борьбе с насекомыми-вредителями, мер по восстановлению окружающей среды [7]. Поскольку оценка ренты будет зависеть от всех этих показателей, то погрешность в определении ренты суммируется из погрешностей, с которыми были определены все эти слагаемые [6].

Необходимыми условиями эффективного применения метода оценки по остаточной стоимости являются следующие. Во-первых, платежи за пользование лесным фондом должны учитывать не только средние затраты по региону, но в большей степени затраты в данном месте заготовки древесины. Во-вторых, должна быть надежная система данных о реальных затратах, так как предприятия не разглашают подобную информацию. При этом в ежегодную финансовую отчетность сообщаются недостоверные сведения. Необходимо наличие нормативной, коммерческой и иной информации, производимой специально уполномоченными на проведение этого вида деятельности научными и проектными организациями (например, Цен-

тром по проведению анализа и прогноза цен на лесные ресурсы на базе ВНИИЛМа).

В рамках исследования Б. Боске [1] была предпринята попытка оценить ренту. Интересно, что рента на единицу продукции, которая была вычислена методом остаточной стоимости, очень близка к ренте, вычисленной методом статистической регрессии по данным аукционов.

Самыми совершенными из всех известных методов оценки лесной ренты пользуются Лесные службы США и Британской Колумбии [5]. Учитывая сложность этих методов, возможен компромисс между долей улавливаемой ренты и стоимостью процедуры ее оценки [8]. В предельном случае, государство может улавливать всю ренту, но потом расходовать ее на поддержание сложной системы оценки затрат.

Следует отметить, что часто два способа оценки ренты (предложение цены на аукционах и оценка затрат) оказываются тождественными, как показывает опыт продажи лесных угодий в США, Канаде (Британская Колумбия) и России: в этом случае оценка затрат дает нижнюю границу аукционной цены, а покупатели затем повышают эту цену до максимального уровня продажи.

Библиографический список

1. Боске Б. Экологизация налоговой системы в России. Экономика и охрана природы: проблемы и пути их решения. – М., 2001. – 116 с.
2. Русова И.Г. О совершенствовании механизма установления платежей за древесину, отпускаемую на корню // Лесное Хозяйство. – 2003. – № 1.
3. Петров А.П. Экономика лесного хозяйства. Учебник. – М.: ВНИИЛМ, 2002.
4. Deacon R.T., Johnson M.B., (Eds), 1985. Forestlands: Public and Private. Pacific Institute for Public Policy Research, San Francisco, USA.
5. Gray A. John. Forest Concession Policies and Revenue Systems: Country Experience and Policy Changes for Sustainable Tropical Forestry. World Bank technical paper # 522, 2002.
6. Grut M., Gray J.W., Egli N., 1991. Forest Pricing and Concession Policies: Managing the High Forests of West and Central Africa. The World Bank, Washington, D.C., USA.
7. Hyde W.F., 1980. Timber Supply, Land Allocation, and Economic Efficiency. Johns Hopkins University Press for Resources for the Future, Inc., Baltimore, USA.
8. Hyde, 1980; UNESCO, 1999.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ О ПРОГНОЗИРОВАНИИ СТОИМОСТИ УСЛУГ

В.М. КУРЗИНА, доц. каф. высшей математики МГУЛ, канд. техн. наук,
П.А. КУРЗИН, ст. лаборант каф. высшей математики МГУЛ

Методы оптимизации задач прикладной математики разработаны в математическом программировании (исследовании операций). Теоретической основой и практическим инструментом анализа и прогнозирования решений в экономике и бизнесе являются экономико-математические модели и проводимые по ним расчёты.

Получение оптимального решения задачи зависит от многих причин. Для успешного выявления закономерностей для простейших характеристик финансово-экономических показателей необходимо иметь достаточный для проявления статистических закономерностей объем данных, обеспечить методологическое сопоставление данных и получить адекватную модель [1]. В предлагаемой работе исследуется зависимость оптимального плана от задаваемой функции спроса на примере прогнозирования уровня цены образовательных услуг в вузе.

Для прогнозирования уровня цены образовательных услуг изучаются оптимальные решения задачи нелинейного программирования на основе математической модели [2]. Пусть x_1 – цена образовательной услуги для одного студента в течение года, x_2 – число студентов, обучающихся на платной основе, R – переменные затраты на обучение в расчете на одного студента. Математическая постановка задачи имеет вид

$$F(X) = x_1 x_2 - R x_2 \rightarrow \max;$$

$$\begin{cases} x_2 \leq D(x_1); \\ x_2 \leq N_{\max}; \end{cases}$$

$$x_1 \geq 0; \quad x_2 \geq 0,$$

где $D(x_1)$ – функция зависимости спроса на услуги по контрактному обучению от уровня цены;

N_{\max} – максимально возможное для данного вуза число студентов, обучающихся на платной основе.

В результате анализа спроса по обслуживаемому региону (Московская область) при цене, совпадающей со средней величиной по различным учебным заведениям региона и несущественно отклоняющейся от среднего уровня, было получено [3], что спрос на образовательные услуги остается устойчивым. При более существенных отклонениях от среднего уровня в сторону увеличения цены спрос постепенно снижается. При уменьшении цены спрос может повышаться до определенного уровня и затем стабилизируется.

Верхняя граница спроса может достигать величины N_{\max} или оказывается ниже. Последняя ситуация (когда спрос на платные образовательные услуги не достигает потенциальных возможностей вуза) может быть обусловлена объективными демографическими или иными условиями, либо неудачной маркетинговой политикой самого вуза, качеством его образовательных услуг.

При решении поставленной оптимизационной задачи важно, как задана функция спроса платных образовательных услуг. В [4] исследовалось влияние вида функции спроса на получаемое оптимальное решение. Полученные решения применимы, если речь идет о детерминированной ситуации относительно спроса на платные образовательные услуги. Прогнозирование спроса в области платных образовательных услуг, как и любую хозяйственную деятельность человека, можно рассматривать как игру с природой. В широком смысле под «природой» будем понимать совокупность неопределённых факторов, влияющих на эффективность принимаемых решений.

Задачей экономиста или статистика является принятие наилучшего управленческого решения в каждой конкретной ситуации. Качество принимаемого решения зави-

сит от информированности ЛПР о ситуации, в которой принимается решение. В случае неопределённости ошибки в принятии решения наиболее вероятны. Умение использовать даже неполную информацию для обоснования принимаемых решений – это задача экономиста, а в решении её помогает математическая теория игры с природой.

Таким образом, полученные в [4] оптимальные решения могут быть использованы для прогнозирования оптимального уровня цен на образовательные услуги для различных вариантов формирования функций спроса на основе применения критериев теории игры с природой.

Алгоритм получения решения состоит при этом из двух взаимосвязанных этапов. На первом этапе определяются на основе прошедших периодов наблюдавшиеся функции спроса на платные образовательные услуги и для них решаются задачи нелинейного программирования. На втором этапе решения задачи прогнозирования составляется матрица выигрышей (или матрица рисков) на предстоящий период и по критериям теории игры с природой отыскивается оптимальное решение.

Воспользуемся далее для расчетов матрицы платежей при прогнозировании будущих доходов от оказания платных образовательных услуг значениями оптимальных решений, полученных в [4] для функций спроса различного вида. Рассмотрим в качестве возможных функций спроса на платные образовательные услуги в будущий период кусочно-линейную, квадратичную и степенную.

Тогда в случае ориентации цены на оказание образовательных услуг на кусочно-линейную функцию спроса «выигрыш» образовательного учреждения составит 63 млн. руб., если спрос действительно будет определяться кусочно-линейной функцией. Если спрос в действительности определяется квадратичной функцией, «выигрыш» образовательного учреждения составит 27 млн. руб. И в случае, когда спрос в действительности определяется степенной функцией, «выигрыш» образовательного учреждения составит 0,5 млн. руб.

В случае выбора ориентировочной цены в предположении квадратичной функции спроса «выигрыш» образовательного учреждения составит 47 млн. руб., если в будущий период спрос будет определяться кусочно-линейной функцией. Если спрос в действительности определяется квадратичной функцией, «выигрыш» образовательного учреждения составит 90 млн. руб. И в случае, когда спрос в действительности определяется степенной функцией «выигрыш» образовательного учреждения составит 45 млн. руб.

Пусть цена на оказание образовательных услуг выбрана в предположении, что спрос будет определяться степенной функцией, а в действительности функция спроса оказалась кусочно-линейной, «выигрыш» образовательного учреждения составит 0,4 млн. руб. Если в действительности функция спроса квадратичная, «выигрыш» образовательного учреждения составит 36,6 млн. руб. Когда в действительности функция спроса степенная «выигрыш» образовательного учреждения составит 63,4 млн. руб.

Таким образом, получаем матрицу платежей для игры с природой, в которой образовательное учреждение выступает в роли игрока, а спрос на образовательные платные услуги в будущем периоде рассматривается как «природа»:

$$\begin{pmatrix} 63 & -27 & -0,5 \\ -47 & 90 & -45 \\ -0,4 & -36,6 & 63,4 \end{pmatrix}.$$

Принять решение о выборе варианта цены на оказание образовательных услуг в будущий период можно по различным критериям. Рассмотрим решение задачи для трёх из них.

Согласно критерию Вальда получаем оценку

$$\alpha = \max_i \min_j a_{ij} = \max_i (-0,4; -27; -0,5) = -0,4,$$

из которой вытекает, что следует предусмотреть цену, ориентируясь на степенную функцию спроса.

Критерий Сэвиджа применим к матрице рисков, которая в данном случае записывается в виде

$$\begin{pmatrix} 63 & 117 & 63,9 \\ 110 & 90 & 108,4 \\ 63,4 & 126,6 & 63,4 \end{pmatrix}.$$

Согласно критерию Сэвиджа определяем значение

$$\gamma = \min_i \max_j r_{ij} = \min(110; 126,6; 108,4) = 108,4,$$

из чего следует, что на будущий период лучше предусмотреть цену, исходя из оптимального решения для квадратичной функции спроса.

Воспользуемся критерием Гурвица. Положим значение $\lambda = 0,5$. Тогда получаем значение оценки при доле оптимизма 50 % в реальности прогноза

$$\begin{aligned} \rho &= \max_i (\lambda \min_j a_{ij} + (1 - \lambda) \max_j a_{ij}) = \\ &= \max(31,3; 36,5; 31,45) = 36,5, \end{aligned}$$

т.е. следует ориентироваться на оптимальную цену для квадратичной функции спроса.

Следовательно, в рассматриваемой задаче, руководствуясь решениями, полученными по двум критериям из трёх, на

будущий период лучше задать цену исходя из оптимального решения, полученного для квадратичной функции спроса.

На рассмотренном примере был продемонстрирован алгоритм поиска прогнозного решения в условиях неполной информации с применением теории игры с природой. Полученное таким образом оптимальное решение позволяет с наименее возможным риском выработать управленческие решения по политике развития образовательных услуг вуза.

Библиографический список

1. Шелобаев С. И. Математические методы и модели в экономике, финансах и бизнесе. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 367 с.
2. Кельчевская Н.Р., Слуккина С. А. Оптимизация уровня цены образовательных услуг в вузе // Советник бухгалтера – 2003. – № 10. – С. 10–18.
3. Медведев Ю. Думать будет некому // «Российская газета». – 2004. – 9 февр.
4. Данилин Г.А., Курзин П.А., Курзина В.М. Корректность применения методов оптимизации // Лесной вестник. – 2004. – № 2 (33) – С. 147–153.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПИРОЛИЗА ДРЕВЕСИНЫ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ ДАВЛЕНИЯ СРЕДЫ

Р.Р. САФИН, доц. каф. переработки древесных материалов Казанского государственного технологического университета, канд. техн. наук,

И.А. ВАЛЕЕВ, асп. каф. переработки древесных материалов Казанского государственного технологического университета,

Р.Г. САФИН, проф., зав. каф. переработки древесных материалов Казанского государственного технологического университета, д-р техн. наук

Квалифицированное использование отходов древесного сырья от лесозаготовок, лесопиления и деревообработки является одной из наиболее серьёзных и пока нерешённых проблем лесного комплекса. При современном уровне техники и технологии более четверти всей заготовленной древесины идёт в отходы.

Одним из оптимальных видов переработки древесных отходов является пиролиз. Простота аппаратного оформления, разнообразие получаемых продуктов, лёгкость регулирования системных параметров

делают этот метод наиболее перспективным.

При переработке древесных отходов методом пиролиза получают:

– древесный уголь, являющийся ценным сырьём для различных производств и пользующийся устойчивым спросом как в России так и за рубежом, находит применение в быту, химической, металлургической, медицинской и других промышленности;

– жижку – продукт конденсации парогазовой смеси, при дальнейшей переработке которой, получают ветеринарные и

копильные препараты, смолу древесно-омыленную, а также древесно-смоляные креозотные масла, отличающиеся антисептическими свойствами и используемые для обработки юфтевых кож на кожевенных заводах взамен токсичного оксидифенила;

– неконденсирующиеся газы, которые можно использовать как для проведения самого процесса пиролиза, так и для получения дешёвой энергии при его сжигании.

Для объективного понимания процесса пиролиза древесины рассмотрим его стадии: предварительный прогрев, сушку, собственно пиролиз и охлаждение.

В процессе сушки древесины можно выделить два этапа: первый из них протекает в сушилке, второй – досушивание пиролизуемого сырья происходит непосредственно при пиролизе. Стадия сушки древесины заканчивается примерно при 120°C , при этом из древесины удаляется содержащаяся в ней влага, химический состав древесины практически не меняется и летучие продукты не образуются [1].

Далее начинается стадия распада древесины. В этот период происходит разложение менее термостойких компонентов древесины с выделением реакционной воды, углекислоты и некоторых других продуктов, изменяется химический и элементарный состав. Особенно заметно в температурном интервале до 270°C уменьшение массы целлюлозы [1].

При температуре $270\text{--}275^{\circ}\text{C}$ начинается бурный распад древесины с выделением тепла (экзотермический процесс) и образованием основной массы продуктов разложения [2].

Явление переноса вещества от частицы можно раскрыть базируясь на известных положениях теории химического равновесия, которое при понижении давления над поверхностью материала смещается в сторону образования летучих компонентов. Поток продуктов пиролиза во внутривещном пространстве древесины обусловлен перепадом давления по сечению материала и носит фильтрационный характер.

Стадия прокалки угля, заканчивающаяся в зависимости от типа аппарата и спо-

соба пиролиза при температуре $380\text{--}500^{\circ}\text{C}$, способствует выделению значительного объема газов и небольшого количества жидких продуктов [3].

После окончания процесса пиролиза древесный уголь необходимо стабилизировать – лишить его способности самовозгораться. Самовозгорание происходит из-за наличия макрорадикалов, поэтому необходимо понизить количество парамагнитных центров в угле до уровня, при котором не происходит развитие процесса его окисления кислородом воздуха до самовозгорания. Известно, что макрорадикалы в твёрдом веществе гибнут не в результате диффузии, а по эстафетному механизму путём многократного чередования реакций передачи цепи до тех пор пока два активных центра не окажутся рядом и не произойдёт их рекомбинация [4]. Для этого древесный уголь необходимо охладить до $50\text{--}80^{\circ}\text{C}$.

За последние годы появились исследования, в которых делаются попытки разработать общие принципы построения моделей пиролиза древесины. В предлагаемых моделях используется множество теплофизических и кинетических характеристик процесса. Кинетические изменения, происходящие в процессе пиролиза, описываются с помощью набора элементарных реакций, полученных на основе экспериментов с различными породами древесины.

Несмотря на то, что эти модели базируются на более детальном представлении о строении органической массы древесины и процессах, происходящих при её термическом разложении, их трудно использовать для расчёта длительности процесса пиролиза и выхода летучих компонентов, ввиду своей сложности и громоздкости.

На основе проведённых исследований предложена математическая модель процесса пиролиза.

Процесс прогрева древесины начинается подачей топочных газов в камеру пиролиза. При этом поток полностью заполняет пространство между частицами слоя, поэтому можно считать, что теплоноситель одновременно обтекает отдельные элементы

слоя. Тогда дифференциальное уравнение переноса энергии для парогазовой смеси в прямоугольных координатах для одномерной задачи выделенного объема слоя кускового материала принимает вид [5]

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial T}{\partial x} = a \nabla^2 T + \frac{Q}{\tilde{n}_{\dot{n}0} \rho_{\dot{n}0}}, \quad (1)$$

где коэффициент температуропроводности среды

$$a = \frac{\lambda}{\tilde{n}_{\dot{n}0} \rho_{\dot{n}0}}. \quad (2)$$

При движении теплоноситель принимает тепло от частиц слоя. Функция притока тепла при этом может быть определена выражением

$$Q = \alpha (\dot{O}_i - \dot{O}) \frac{\overline{\sigma}}{\varepsilon^*}. \quad (3)$$

Пренебрегая изменением температуры парогазовой смеси вследствие молекулярной теплопроводности теплоносителя, выражение (1) с учётом уравнения (3) запишем в виде

$$\frac{\partial \dot{O}}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial T}{\partial x} = \frac{\alpha \overline{\sigma}}{c_{\dot{n}i} \rho_{\dot{n}i} \varepsilon^*} (T_i - T). \quad (4)$$

Теплообмен между парогазовой смесью и частицами слоя (при учёте их термического сопротивления) происходит в сочетании с теплопроводностью внутри самой частицы. Уравнение теплопроводности для элементов слоя имеет вид [6]

$$\frac{\partial \dot{O}_i}{\partial \tau} = \dot{a}_i \left(\frac{\partial^2 \dot{O}_i}{\partial R_i^2} + \frac{\dot{A}}{R_i} \frac{\partial \dot{O}_i}{\partial R_i} \right). \quad (5)$$

Краевые условия для уравнения (4),(5) представим в следующем виде:

граничные условия

$$\lambda_i \left(\frac{\partial \dot{O}_i}{\partial \tau} \right)_{x=R_i} = \alpha (T_i - T), \quad (6)$$

$$T(\tau; 0) = T_o; \quad (7)$$

начальные условия

$$T_i(0; R_i) = T_{i \cdot \dot{a}i}, \quad (8)$$

$$T(0; x) = T_{\dot{a}i}. \quad (9)$$

Для моделирования процессов теплообмена, протекающих в слое дисперсного материала, необходимо вычислить коэффициент теплоотдачи от потока фильтрующей среды к наружной поверхности частиц.

Для определения коэффициента широко используются результаты экспериментальных исследований. Анализ имеющихся экспериментов корреляции дан в литературе [6], где рекомендованы критериальные уравнения для расчёта коэффициентов теплообмена. Выбор уравнения осуществляется по эквивалентному критерию Рейнольдса, который можно определить по выражению [7]

$$Re_y = \frac{4 \rho_{\dot{n}i} w_x}{a \cdot M}. \quad (10)$$

Система уравнений переноса энергии для парогазовой смеси (4) и материала (5) с краевыми условиями полностью описывает процесс теплообмена в слое дисперсного материала при фильтрации теплоносителя.

Для определения времени сушки куска древесного материала, воспользуемся приближённой формулой, предложенной Б.И. Китаевым [8],

$$\tau_c = \frac{Q_w \rho_i \left(\frac{R_i^2}{6 \lambda_i} + \frac{R_i}{3 \alpha_i} \right)}{T - T_o}, \quad (11)$$

где тепло затраченное на испарение влаги, приходящейся на 1 кг абсолютно сухой массы древесины определяется из выражения [9]

$$Q_w = 1000 \frac{I_1 - I_0}{d_1 - d_0} - c_d t_{d,i}. \quad (12)$$

После завершения стадии сушки начинается разложение древесины. При этом уравнение, описывающее долю летучих веществ, выделившихся при пиролизе древесины к данному моменту времени τ можно представить в виде [8]

$$v_{\dot{a}i0} = 1 - \exp \left(- \int_0^{\tau} K_0 e^{-\frac{E}{RT}} d\tau \right). \quad (13)$$

Анализ выражения (13) показывает, что второе слагаемое правой части уравнения характеризует изменение массовой доли остатка. Отсюда, массовая доля пиролизуемого материала определяется из выражения

$$v_{\dot{a}i0} = \exp \left(- \int_0^{\tau} K_0 e^{-\frac{E}{RT}} d\tau \right). \quad (14)$$

Значение интеграла в уравнении (12) подсчитывается на основании решения Шермана [8]

$$\int_0^{\tau} K_0 e^{\frac{E}{RT}} d\tau = \frac{K_0 E}{2,303 \cdot R \cdot \dot{a}} \left[\frac{1}{2,303 \cdot RT \cdot E} - \frac{1}{2,303 \cdot RT_{i\dot{a}^+} \cdot E} \right] \times \left[R_i \cdot 10^{\frac{1}{R_i}} + 2,303 E i \left| - \frac{2,303}{R_i} \right| \right]. \quad (15)$$

Изменение массы летучих можно найти из выражения

$$\Delta m_{\dot{a}\dot{a}^+} = \Delta v_{\dot{a}\dot{a}^+} \cdot m_{i\dot{a}^+}. \quad (16)$$

Значение константы скорости потери массы при пиролизе древесины в зависимости от давления в камере подчиняется по уравнению [1]

$$K_0 = e^{\frac{E}{RT}} \left(\frac{P}{P_{\dot{a}\dot{a}^+}} \right)^n. \quad (17)$$

На основании уравнений материального и теплового баланса разработана модель совмещенных процессов выделения летучих и их конденсации. Поток парогазовой смеси с поверхности сырья при испарении определяется из выражения

$$j = \frac{\Delta m_{\dot{a}\dot{a}^+}}{\Delta \tau \cdot F} = \frac{\Delta v_{\dot{a}\dot{a}^+} \cdot m_{i\dot{a}^+}}{\Delta \tau \cdot F}. \quad (18)$$

При нахождении всех частиц древесины в одинаковых условиях уравнение ма-

териального баланса для процесса удаления летучих записывается в следующем виде:

$$j \cdot F \cdot d\tau - \dot{I}_{\dot{a}\dot{a}^+} \cdot \rho_{\dot{a}\dot{a}^+} \cdot d\tau + \dot{I}_{\dot{a}\dot{a}^+} \cdot \rho_{\dot{a}\dot{a}^+} \cdot d\tau = V_{\dot{a}\dot{a}^+} d\rho_{\dot{a}\dot{a}^+}. \quad (19)$$

В этом уравнении первый член левой части характеризует приток парогазовой смеси в камеру пиролиза за счет выделения из древесины продуктов разложения; второй член – отвод парогазовой смеси в систему откачки; третий – приток парогазовой смеси из топки; правая часть характеризует изменение массы парогазовой смеси, содержащейся в свободном объеме аппарата.

Площадь поверхности материала определяется из выражения

$$F = 2(\pi R_i^2 + \pi R_i \cdot L) \cdot z, \quad (20)$$

где R – радиус древесной частицы, изменяющийся вследствие влажностной и огневой усушки

$$R_i = R_{i \cdot i\dot{a}^+} (1 - \varepsilon(\tau)). \quad (21)$$

Функция изменения коэффициента усушки $\varepsilon(\tau)$ при пиролизе древесины находится экспериментально.

Объемная производительность системы удаления парогазовой смеси складывается из объемных производительностей насоса и конденсатора

$$\dot{I}_{\dot{a}\dot{a}^+} = \dot{I}_i + \dot{I}_{\varepsilon}. \quad (22)$$

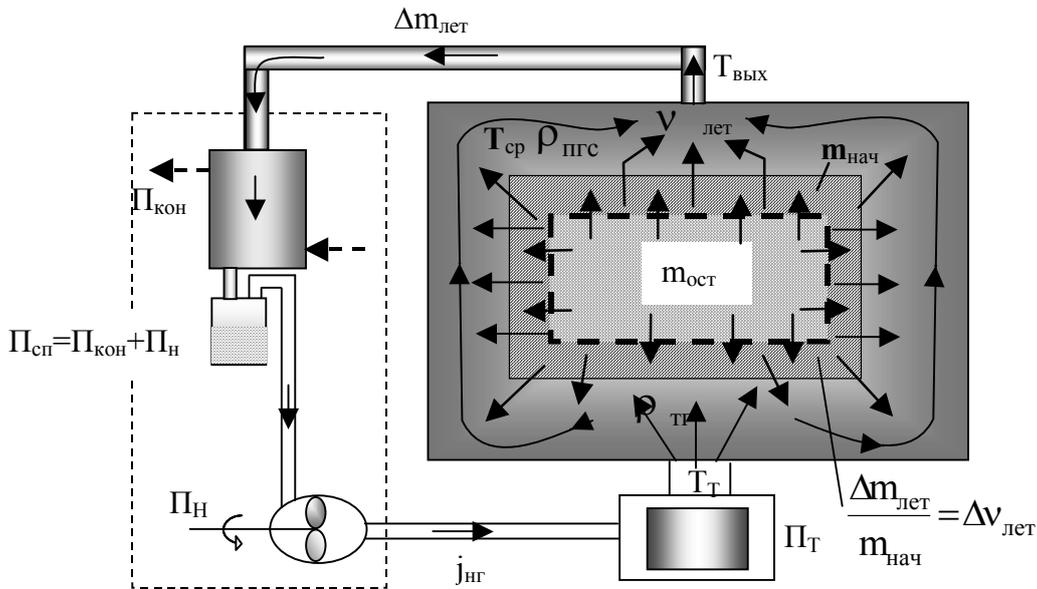


Рис. 1. Схема протекания процесса пиролиза, стадии выделения парогазовой смеси из материала и конденсации

Объёмная производительность конденсатора находится из уравнения теплового баланса процесса конденсации

$$\tilde{n} \cdot \rho_{\tilde{n}\tilde{i}} \cdot \dot{I}_{\tilde{e}} \cdot (T - T_{i\tilde{a}\tilde{n}}) + \dot{I}_{\tilde{e}} \cdot \rho_{\tilde{e}\tilde{e}} \sum (r_i \cdot \chi_i) = \dot{E} \cdot \Delta \dot{Q}_{\tilde{n}\tilde{o}} \cdot S. \quad (23)$$

Откуда производительность конденсатора

$$\dot{I}_{\tilde{e}} = \frac{K \Delta T_{\tilde{n}\tilde{o}} S}{c_{ci} \rho_{\tilde{n}\tilde{i}} \cdot (\dot{O} - \dot{O}_{i\tilde{a}\tilde{n}}) + \rho_{\tilde{e}\tilde{e}} \sum (r_i \cdot \chi_i)}. \quad (24)$$

Плотность парогазовой смеси в выражении можно определить по правилу аддитивности, используя уравнение Менделеева-Клапейрона

$$\rho_{\tilde{n}\tilde{i}} = \frac{D \cdot M}{RT}. \quad (25)$$

Продифференцировав выражение (25) получим

$$d\rho_{\tilde{n}\tilde{i}} = M \frac{dP \cdot T - dT \cdot P}{R \cdot T^2}. \quad (26)$$

Подставив (20), (25), (26) и в уравнение (19), после некоторых преобразований получим дифференциальное уравнение изменения давления парогазовой смеси над пиролизуемым материалом

$$\frac{dP}{d\tau} = \frac{j \cdot 2(\pi R_i^2 + \pi R_i L) + \dot{I}_{\tilde{o}} \cdot \rho_{\tilde{o}\tilde{a}} \cdot R \cdot T - P \cdot \left(\frac{\dot{I}_{\tilde{n}\tilde{i}}}{V_{\tilde{n}\tilde{a}}} - \frac{dT}{\dot{O} \cdot d\tau} \right)}{V_{\tilde{n}\tilde{a}} \cdot M}. \quad (27)$$

Изменение температуры среды определим из теплового баланса парогазовой фазы

$$\rho_{\tilde{n}\tilde{i}} \cdot c_{\tilde{n}\tilde{i}} \cdot V_{\tilde{n}\tilde{a}} \cdot dT = \alpha \cdot (T_{i\tilde{a}\tilde{n}} - T) \cdot F \cdot d\tau - \dot{I}_{\tilde{n}\tilde{i}} \cdot \rho_{ci} \cdot c_{\tilde{n}\tilde{i}} \cdot T \cdot d\tau + c_{\tilde{n}\tilde{i}} \cdot F \cdot j \cdot T_{i\tilde{a}\tilde{n}} \cdot d\tau + (\tilde{n}_{\tilde{o}\tilde{a}} \cdot \rho_{\tilde{o}\tilde{a}}) \cdot \dot{O}_{\tilde{o}} \cdot \dot{I}_{\tilde{o}} \cdot d\tau. \quad (28)$$

Левая часть характеризует изменение теплосодержания парогазовой фазы; первый член правой части характеризует подвод или отвод тепла за счёт теплообмена с поверхностью материала; второй член – отвод тепла с удаляемыми в линию откачки парами; третий – приток тепла из пиролизуемого материала, четвёртый – приток тепла из топки.

Поделив уравнение (28) на $d\tau$ и подставив в него выражение (25) после некоторых преобразований получим дифференциальное уравнение изменения температуры парогазовой среды

$$\frac{dT}{d\tau} = \left[\frac{\alpha \cdot (\dot{O}_{i\tilde{a}\tilde{n}} - \dot{O}) \cdot R \cdot F + (\tilde{n}_{\tilde{o}\tilde{a}} \cdot \rho_{\tilde{o}\tilde{a}} \cdot \dot{O}_{\tilde{o}} \cdot \dot{I}_{\tilde{o}})}{P \cdot \dot{I}_{\tilde{n}\tilde{i}} \cdot c_{\tilde{n}\tilde{i}} \cdot V_{\tilde{n}\tilde{a}}} - \frac{\dot{I}_{\tilde{n}\tilde{i}}}{V_{\tilde{n}\tilde{a}}} + \frac{R \cdot F \cdot j \cdot T_{i\tilde{a}\tilde{n}}}{V_{\tilde{n}\tilde{a}} \cdot P \cdot M} \right] \cdot \dot{O}. \quad (29)$$

После завершения процесса пиролиза начинается охлаждение готового угля. Понижение температуры продукта осуществляется непосредственно в камере пиролиза пропусканием через слой древесного угля парогазовой смеси, охлаждаемой в конденсаторе и рециркулирующей посредством газодувки. Парогазовая смесь, проходя через слой готового угля, забирает часть теплоты и попадает в конденсатор, где охлаждается и направляется обратно к древесному углю, цикл повторяется пока температура древесного угля не достигнет $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Тепловой баланс процесса охлаждения теплоносителя от конденсатора можно представить в виде

$$K \Delta T_{\tilde{e}} d\tau = \frac{c_{\tilde{i}\tilde{n}\tilde{o}}}{\dot{I}} \rho_{\tilde{n}\tilde{o}} V_{\tilde{n}\tilde{a}} dT_{\tilde{c}\tilde{o}}. \quad (30)$$

Левая часть уравнения характеризует отток тепла от среды в конденсаторе, правая часть – изменение внутренней энергии теплоносителя. Отсюда получаем зависимость изменения температуры фронта среды при прохождении через конденсатор

$$\frac{dT}{d\tau} = \frac{K \Delta T_{\tilde{e}} \dot{I}}{\rho_{\tilde{n}\tilde{o}} V_{\tilde{n}\tilde{a}} c_{\tilde{i}\tilde{n}\tilde{o}}}. \quad (31)$$

Для определения времени охлаждения готового продукта процесс охлаждения можно описать системой уравнений переноса энергии для парогазовой смеси (4) и материала (5) с соответствующими краевыми условиями.

Проверка адекватности модели реальному процессу производилось сопоставлением результатов экспериментальных исследований с результатами теоретических расчётов.

В качестве модельного материала для математических расчётов и экспериментальных исследований кинетики пиролиза была использована берёза бородавчатая.

Выбор породы обусловлен наличием в справочной литературе наиболее полных сведений о теплофизических и физико-механических свойствах.

Для выяснения вопроса сможет ли изменение давления повлиять на ход процесса пиролиза, была разработана экспериментальная установка и проведена серия опытов.

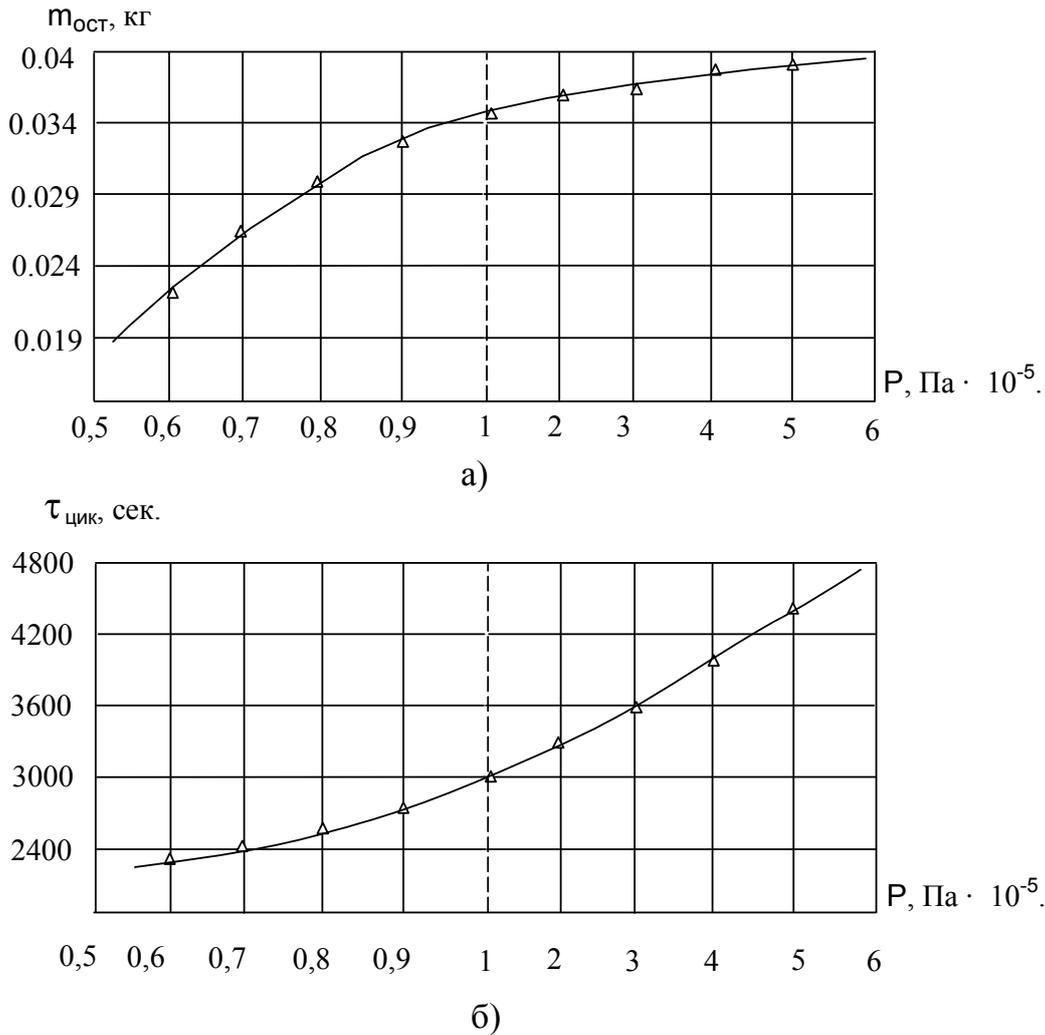


Рис. 2. Сравнение расчетных и экспериментальных данных: а – влияние давления на выход древесного угля; б – влияния давления на продолжительность процесса пиролиза

Для проведения опытов использовались образцы древесины размером $25 \times 25 \times 25$ мм и влажностью 10 %. Объем разовой загрузки составлял 50 г.

Режимное давление в камере пиролиза фиксировалось манометром и устанавливалось при помощи эжекторных насосов (понижение давления), производительность которых регулировалась и составляло 0.9, 0.8, 0.7, 0.6, 0.5 кПа, или баллоном с азотом (повышение давления) до абсолютных значений давлений 1, 2, 3, 4, 5, 6 кПа.

Экспериментальные значения на графиках обозначались треугольниками, расчётные приведены сплошными линиями. Сходимость результатов эксперимента и расчётных показателей составляет порядка

19 %, что позволяет говорить об адекватности предложенной модели.

Анализ результатов исследований обугливания древесины при регулировании общего давления паров и газов в аппарате показывает, что величина давления оказывает влияние как на выход конечных продуктов, так и на длительность процесса пиролиза в целом (рис. 1). Теоретические соображения приводят к выводу, что увеличение общего давления не благоприятствует реакции диссоциации (распада) продуктов обугливания древесины. Разрежение в камере способствует увеличению выхода жидких продуктов и сокращению продолжительности процесса. При повышенном давлении замечено увеличение выхода неконденси-

рующихся газов, что объясняется разложением некоторых химических веществ (таких как, например ацетон) при взаимодействии с древесным углем.

Таким образом, разработана математическая модель, позволяющая определять количество сухого остатка, выделившихся летучих и продолжительность всего процесса получения угля с учётом времени охлаждения готового продукта в зависимости от давления в аппарате.

Обозначения

Q – количество теплоты; I – теплосодержание, d – влагосодержание; c – удельная теплоёмкость; ρ – плотность; λ – коэффициент теплопроводности; α – коэффициент теплоотдачи; a – коэффициент температуропроводности; T – температура; V – объём; ϖ – поверхность контакта фаз; ν – доля выделившихся компонентов; ε^* – порозность, E – энергия активации; v – темп нагревания; K_0 – кинетическая константа скорости пиролиза; j – поток вещества; F – площадь поверхности; τ – время; m – масса; r – скрытая теплота парообразования при текущей температуре; χ – мольная доля компонентов; P – общее давление; Π – объёмная производительность; K – коэффициент теплопередачи; S – площадь поверхности конденсации; R – универсальная газовая постоянная; M – молярная масса смеси; w – скорость потока; Ei – интегральная показательная функция; Γ – параметр зависящий от формы частиц; ∇^2 – оператор Лапласа; $\Delta T_{\text{ср}}$ – средний

температурный напор; Δt – движущая сила процесса теплопередачи; R, L – радиус и длина цилиндрической частицы; i – компонент; x – координата.

Индексы: w – испарение влаги; 0 – свежий воздух; 1 – влажный воздух; v – вода; m – материал; c – суши; ω – поверхность влагонасыщения; max – предел насыщения; лет – летучие компоненты; ост – сухой остаток; нач – начальная; ср – среда; $г$ – газы; см – смеси; св – свободный; сп – система удаления; κ – конденсатор; t – топка; n – насос; атм – атмосфера.

Библиографический список

1. Корякин В.И. Термическое разложение древесины. – М. – Л.: Гослесбумиздат, 1962.
2. Кислицин А.Н. Пиролиз древесины: химизм, кинетика, продукты, новые процессы. – М.: Лесная промышленность, 1990.
3. Козлов В.Н., Нивицкий А.А. Технология пирогазетической переработки древесины. – М. – Л.: Гослесбумиздат, 1954.
4. Завьялов А.Н., Ефимов Л.М. Самовозгорание древесного угля и совершенствование процессов его стабилизации. / Новые разработки в области пиролиза древесины. Сборник трудов ЦНИЛХИ, 1984.
5. Теплотехника: Учеб. для вузов. / В.Н. Луканина. – М.: Высш. шк., 2002.
6. Лыков А. В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968.
7. Любошиц А.И. Шейман В.А. Регенеративный теплообмен в плотном слое. – Минск: Наука и техника, 1979.
8. Яныгин Ю.Я. Влияние повышенного давления на газификацию древесных отходов в условиях их комплексного энергохимического использования: Автореф. дисс. ... канд. тех. наук. – М.: МЛТИ, 1969.
9. Справочник по сушке древесины. / Под ред. Е.С. Богданова. – М.: Лесн. пром-сть, 1990.

СЕМАНТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ОБЪЕМОВ ИНФОРМАЦИИ

К.П. ШЕРЕМЕТЬЕВ, доц. каф. автоматизации и управления МГУЛ, канд. техн. наук,
П.В. ЧЕРНЫШИН, студент группы УТ-41 факультета ЭСТ МГУЛ

Понятие информации широко применяется в науке и известно каждому. Между тем вошло оно в постоянное научное употребление не так давно, в середине двадцатого века, с подачи Клода Шеннона [1, с. 263]. Он ввел этот термин в узком техническом

смысле, применительно к теории связи или передачи кодов (которая получила название «Теория информации» [6, с.14]). В практическом смысле сейчас под информацией обычно понимают совокупность сведений об окружающем мире, являющихся объектом

хранения, передачи и преобразования [7]. В восьмидесятые годы «информацией» уже называли «...обмен сведениями между людьми, человеком и автоматом, автоматом и автоматом», а также «обмен сигналами в животном и растительном мире; передачу признаков от клетки к клетке, от организма к организму» [2].

При столь размытом подходе к понятию «информация» появляется ряд проблем, вызванных неадекватным применением общих сведений об информации для решения практических задач.

Наиболее существенным недостатком классической теории информации является игнорирование того факта, что при хранении информации мы вынуждены вводить дополнительную служебную информацию для организации хранения основной рабочей информации. Ускорение поиска информации также требует дополнительной служебной информации. Стремительный рост информационных потоков, возрастание объемов используемых баз данных приводит к тому, что классические методы расчета объемов информации становятся неадекватными.

1. Постановка задачи

В данной работе предлагаются методы описания информации в зависимости от хранения, обработки и использования информации, а также рассмотрены методы учета объемов хранимой информации. В процессе решения данной задачи предлагается расширить классическое определение информации для обеспечения более адекватных расчетов количества информации.

2. Виды информации

Разделим понятие информации на несколько видов, в зависимости от способа её обработки. Предположим, что некоторая система выполняет задачу, которая требует получения информации о реальном мире. Сам по себе окружающий мир никакой информации не несет, просто осуществляет некоторое воздействие на данную систему.

Ту информацию, которая является частью материального воздействия на систему,

мы будем называть **материальной** информацией. Отличительной чертой материальной информации является то, что она не отделима от процесса, её породившего, и прекращает своё существование вместе с ним. Более того, в зависимости от ситуации, материальную информацию можно рассматривать и как непосредственное воздействие. Так, слишком громкий звук может вызвать временную глухоту. Обработать материальную информацию очень сложно, так как она существует недолго и пропадает вместе с процессом.

Для выделения собственно информации от материального процесса обычно используют датчики или рецепторы, которые преобразуют информацию в более удобную для обработки форму. Такую информацию мы будем называть **сигнальной** информацией. Сигнальная информация не зависит от материального носителя, поэтому может легко передаваться и преобразовываться в любую форму. Основное назначение сигнальной информации состоит в том, чтобы обеспечить передачу данных от места их получения до места их обработки. После обработки сигнальная информация уже не нужна.

Сущность обработки информации состоит в том, что в зависимости от оценки данных составляется общая картина и вырабатывается тот или иной способ действий. Общая картина и есть собственно отражение окружающей среды. Это отражение должно быть устойчивым состоянием и меняться только в том случае, если меняется окружающая среда. Эта устойчивая картина описывается **статусной** информацией. Статусная информация является результатом обработки сигнальной информации и определяет поведение системы, включая и те способы, которыми будет обрабатываться сигнальная информация.

Если статусная информация имеет значительные объемы, то для быстрого ее извлечения требуется наличие дополнительной информации о том, где и в каком виде хранится статусная информация. Эту информацию о местонахождении мы будем называть **знаковой** информацией.

Вид	Наименование	Свойства
1	Материальная	Неотделима от процесса, проявляется и пропадает вместе в нем. Содержит истинное знание об окружающей обстановке
2	Сигнальная	Появляется при наличии датчика и существует независимо от процесса. Пропадает после обработки.
3	Статусная	Появляется при наличии сигнальной информации и сохраняется все время
4	Знаковая	Существует при наличии статусной информации.
5	Валентная	Появляется при наличии цели и существует, пока не достигнута цель

Для достижения некоторой цели системе требуется не вся накопленная информация, а ее определенная часть. Определение того, какая именно информация необходима для достижения некоторой цели, мы будем называть **валентной** информацией.

Сведем описания различных видов информации в таблицу.

3. Классическая теория информации

Из классической теории информации известно, что вся информация передается и хранится в виде сообщений. Под *сообщением* понимают совокупность знаков или первичных символов, содержащих информацию.

Совокупность технических средств, используемых для передачи сообщений от источника к потребителю информации, называется *системой связи*. Общая схема системы связи представлена на рисунке.

Она состоит из 5-ти частей:

1. *Источник сообщений*, создающий сообщения или последовательность сообщений, которые должны быть переданы.

2. *Передачик*, который перерабатывает некоторым образом сообщение в сигналы соответственного типа, определенного характеристиками используемого канала.

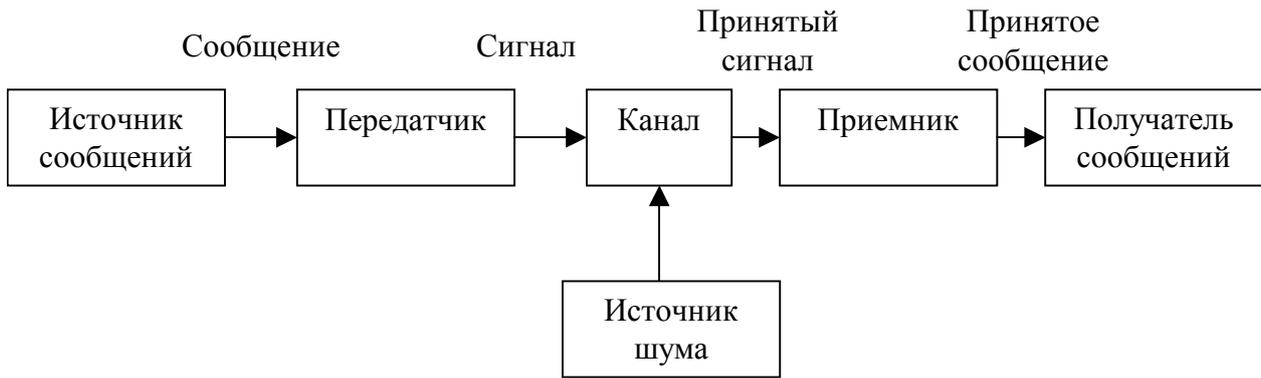
3. *Канал* – это комплекс технических средств, обеспечивающий передачу сигналов от передатчика к приемнику. В состав канала входит каналообразующая аппаратура, осуществляющая сопряжение выходного и входного сигналов, соответственно, передатчика и приемника с линией связи и самой линией связи.

Линией связи называется среда, используемая для передачи сигнала от передатчика к приемнику. Это может быть, например пара проводов, коаксиальный кабель, область распространения радиоволн, световод и т.д. Обычно входными и выходными сигналами линии связи являются непрерывные сигналы. Вместе с тем на входе и выходе канала могут присутствовать сигналы др. типов. Канал называется *дискретным*, если на его входе и выходе присутствуют сигналы, дискретные по уровню. Если сигналы на выходе и входе канала непрерывны по времени, то он называется непрерывным. В общем случае в процессе передачи в канале сигнал искажается шумом, что соответствует наличию источника шума.

4. *Приемник* обычно выполняет операцию, обратную по отношению к операции, производимой передатчиком, т.е. восстанавливается сообщение по сигналам. Сложность построения приемника обусловлена изменением формы принимаемых сигналов, что связано с наличием шума.

5. *Получатель* – это лицо или аппарат, для которого предназначено сообщение. Процесс преобразования сообщения в сигнал, осуществляющийся в передатчике и обратный ему процесс, реализуемый в приемнике, назовем, соответственно, *кодирование* и *декодирование*.

Для простоты вычислений будем считать, что у нас на вход поступают *дискретные по уровню и по времени сигналы*. Они определены лишь в отдельные разрешенные моменты времени и могут принимать лишь разрешенные значения уровней.



Рисунок

Предположим, что источник сообщений может в каждый момент времени случайным образом принять одно из конечного множества возможных состояний. Каждому состоянию источника U ставится в соответствие условное обозначение в виде знака. Совокупность знаков u_1, u_i, u_N , соответствующих всем N возможным состояниям источника, называют его *алфавитом*, а количество состояний N – *объемом алфавита*. Тогда под элементарным *дискретным сообщением* будем понимать символ u_i , выдаваемый источником. Очевидно, что при отсутствии сведений о состоянии источника имеется неопределенность относительно того, какое сообщение u_i из числа возможных им выбрано, а при наличии этих сведений данная неопределенность полностью исчезает. Естественно измерять количество информации, содержащейся в дискретном сообщении, величиной исчезнувшей неопределенности. Введем меру этой неопределенности, которую можно рассматривать и как меру количественной информации.

В 1928 году Хартли впервые предложил меру количества информации при условии *равной вероятности выбора источником любого из возможных его состояний*

$$H(U) = \log N,$$

где U – исходный источник сообщений;
 $H(U)$ – мера количества информации.

Клод Шеннон в своей работе «Математические основы теории связи» [1, с.263] ввел понятие *энтропии* как математическое ожидание количества информации в отдель-

ных сообщениях. При выдаче источником сообщений в виде последовательности элементарных дискретных сообщений, полным вероятностным описанием является вероятность совместного появления набора различных символов u_i в момент t_1, t_2, \dots, t_n , где n – длина последовательности

$$P(u_i^1, u_j^2, \dots, u_k^n, \dots, u_s^n).$$

Распределение вероятностей источника определяется распределением вероятностей сообщений в данном ансамбле для цифровой характеристики всего ансамбля или источника сообщения используется математическое ожидание количества информации в отдельных сообщениях, называемых энтропией.

$$H(U) = M \left\{ \log \frac{1}{P(u_i)} \right\} = \sum_{i=1}^N P(u_i) \cdot \log \left(\frac{1}{P(u_i)} \right), \quad (1)$$

где $H(U)$ – энтропия источника;

M – математическое ожидание;

$P(u_i)$ – вероятность совместного появления набора различных символов u_i в момент t_1, t_2, \dots, t_n ,

n – длина последовательности.

Формула позволяет учесть статистические свойства источника информации и является более точной, чем выражение Хартли.

4. Расчет количества информации по видам

Предлагаемое деление информации по видам позволяет рассчитывать требуемое количество информации, которое зависит от использования информации.

4.1. Вычисление объема материальной информации

Материальная информация неотделима от процесса, поэтому количественный учет подобной информации невозможен. Различение процесса и информации о процессе предполагает некоторый субъективный подход, который не может быть формализован.

4.2. Вычисление объема сигнальной информации

Следует отметить, что *сигнальная* информация полностью определяется зависимостями и соотношениями классической теории информации, изложенными в свое время К. Шенноном.

4.3. Вычисление объема статусной информации

Предположим, что у нас имеется некоторое хранилище передаваемой поступающей информации. Хранилище обладает некоторой емкостью. Назовем ее Q . Пусть необходимые нам пакеты *сигнальной* информации передаются через интервал времени $t_{i\ddot{a}o}$ – период обновления. На приемнике они, накапливаясь, хранятся время $t_{o\ddot{o}}$ – время периода хранения. Отметим, что вводимые величины $t_{o\ddot{o}}$ и $t_{i\ddot{a}o}$ имеют одинаковую размерность (дни, часы, минуты...).

Нетрудно установить, что количество записей, равное количеству переданных пакетов сигнальной информации в хранилище, будет равно

$$n_{c\ddot{a}i} = \frac{t_{o\ddot{o}}}{t_{i\ddot{a}o}}.$$

При вычислении объема информации в хранилище будем исходить из того, что:

1. объем сигнальной информации определяется количеством переданных источником пакетов.
2. передаваемая информация со временем устаревает (определяется величиной $t_{o\ddot{o}}$);
3. появляется некоторая служебная информация.

Таким образом, можно утверждать, что полный объем статусной информации будет определяться как:

$$Q_{\ddot{n}o\ddot{a}o} = Q_{\ddot{n}e\ddot{a}i} + Q_{\ddot{n}e\ddot{o}e}, \quad (2.1)$$

где $Q_{\ddot{n}e\ddot{a}i}$ – объем сигнальной информации;

$Q_{\ddot{n}e\ddot{o}e}$ – необходимая служебная информация.

Объем сигнальной информации

Считая равновероятным выбор источником любого из возможных его состояний, находим объем передаваемого сообщения сигнальной информации согласно классической теории [1, с.234]:

$$q_{\ddot{n}e\ddot{a}i} = \log N.$$

Тогда полный объем всей переданной сигнальной информации будет равен

$$Q_{\ddot{n}e\ddot{a}i} = n_{c\ddot{a}i} \cdot \log N = \frac{t_{o\ddot{o}}}{t_{i\ddot{a}o}} \cdot \log N. \quad (2.2)$$

Служебная информация

Служебная информация определена для каждой записи полученной сигнальной информации, поэтому, используя вышесказанное, общий объем будет равен:

$$Q_{\ddot{n}e\ddot{o}e} = \frac{t_{o\ddot{o}}}{t_{i\ddot{a}o}} \cdot \log \frac{t_{o\ddot{o}}}{t_{i\ddot{a}o}}. \quad (2.3)$$

Подставляя полученные выражения (2.2) и (2.3) в формулу (2.1), получаем:

$$Q_{\ddot{n}o\ddot{a}o} = [\log N + \log(\frac{t_{o\ddot{o}}}{t_{i\ddot{a}o})] \cdot \frac{t_{o\ddot{o}}}{t_{i\ddot{a}o}}.$$

4.4. Вычисление объема знаковой информации

Прежде чем приступить непосредственно к вычислению объема информации, введём ряд понятий, необходимых для дальнейшей работы. Вся *статусная* информация, которая находится в хранилище, может быть получена полным перебором записей. Но полный перебор может занимать значительное время. Для сокращения времени доступа мы можем ввести информацию о расположении записей, что позволит сразу обращаться к требуемым записям. Целесообразность ввода *знаковой* информации определяется требуемой скоростью получения данных.

Предположим, что каждая единица хранения *статусной* информации имеет

свой адрес. Будем называть этот адрес *меткой*. Тогда размер метки будет определяться размером адреса, т.е. $\log \frac{t_{\text{од}}}{t_{\text{ид}}}$.

Введём понятие *времени отклика* $t_{\text{оде}}$, ограничивающее время поиска по хранилищу информации и *времени поиска* $t_{\text{недэ}}$, которое и определяет качество используемого хранилища. Предположим, что на обработку одной единицы хранения уходит время $t_{\text{иддэ}}$.

Метки вводятся в зависимости от запросов и потребностей поиска и образуют произвольную структуру до определенного момента. Если время, затраченное на полный перебор

$$T_{\text{неидддддд}} = t_{\text{идддд}} \cdot \frac{t_{\text{од}}}{t_{\text{ид}}},$$

превышает требуемое время отклика: $T_{\text{и.и}} < t_{\text{оде}}$, то возникает необходимость создания некоторого индекса для более эффективного доступа к данным [4, с. 146]. На более эффективным является использование индексирования в виде бинарного дерева [5, с.219]. Создание *бинарного дерева* меток позволяет уменьшить время отклика системы, а следовательно, повысить качество поиска. Рассчитаем количество узлов полученного дерева.

На нулевом уровне имеется 2^0 узлов, на первом – 2^1 на втором – 2^2 и т.д. На первых $k-1$ уровнях имеется 2^{k-1} узлов.

$$1 + 2 + 4 + \dots + 2^{k-1} = 2^k - 1.$$

На уровне k количество дополнительных узлов колеблется от 1 до $2k$ (полное дерево). В полном дереве число узлов равно

$$1 + 2 + 4 + \dots + 2^{k-1} + 2^k = 2^{k+1} - 1. \quad (3.1)$$

Таким образом, полное число узлов законченного бинарного дерева удовлетворяет неравенству

$$2^k \leq N \leq 2^{k+1} - 1 \leq 2^{k+1}.$$

Решая его относительно k , имеем

$$k \leq \log_2(N) \leq k + 1.$$

Теперь, приступая непосредственно к вычислению объема можно заявить, что

$$Q_{\text{сиддддд}} = \left(\log \frac{t_{\text{од}}}{t_{\text{ид}}} + 2 \cdot Q_{\text{ниддддд}} \right) \cdot N_{\text{идддд}}. \quad (3.2)$$

Здесь необходимо сделать некоторые пояснения.

На хранение адресов смещений при поиске по бинарному дереву уходит объем $Q_{\text{ниддддд}} = \log(N_{\text{идддд}})$. Так как каждая метка хранит два адреса перехода, то поэтому в выражении (3.2) взят удвоенный объем.

Из выражения (3.1) следует, что $N_{\text{идддд}} = 2^{k+1} - 1$, где k – рассматриваемый уровень построенного дерева. Уровень k можно рассматривать как коэффициент пропорциональности при вычислении времени поиска в системе

$$t_{\text{недэ}} = k \cdot t_{\text{ид}}. \quad (3.3)$$

Учитывая, что желаемое время поиска должно быть меньше времени отклика системы, т.е.

$$t_{\text{недэ}} = t_{\text{оде}},$$

и используя выражение (3.3), можно утверждать, что

$$k < \frac{t_{\text{оде}}}{t_{\text{ид}}}. \quad (3.4)$$

Следовательно, минимальным и достаточным значением k будет

$$k = \frac{t_{\text{оде}}}{t_{\text{ид}}}.$$

Таким образом,

$$Q_{\text{ниддддд}} = \log(2^{\frac{t_{\text{оде}}}{t_{\text{ид}} + 1}} - 1). \quad (3.5)$$

Подставляя полученные соотношения в выражение (3.2), имеем

$$Q_{\text{сиддддд}} = \left[\log \frac{t_{\text{од}}}{t_{\text{ид}}} + 2 \cdot \log(2^{\frac{t_{\text{оде}}}{t_{\text{ид}} + 1}} - 1) \right] \cdot (2^{\frac{t_{\text{оде}}}{t_{\text{ид}} + 1}} - 1); \quad (3.6)$$

4.5. Валентная информация

Как уже отмечалось ранее, при появлении некоторой цели системе необходима лишь некоторая часть от всей накопленной информации, то есть, так называемая *валентная информация*. В основе рассмотрения валентной информации лежит рассмотрение понятия *валентности* как некоторой степени значимости искомого алгоритма поиска решения.

Для того, чтобы обеспечить возможность расчета валентностей при решении задачи, необходимо ввести правила расчета валентностей, а для этого, в свою очередь,

необходимо формализовать задачу достижения цели некоторой системой.

Дадим формализованное представление задачи. Пусть текущее состояние надсистемы S задается набором параметров s_i , а целевое состояние надсистемы T , набором параметров t_i

$$S = \{s_1, s_2 \dots s_n\}, n > 0,$$

$$T = \{t_1, t_2 \dots t_n\}, n > 0.$$

Система может осуществить набор таких элементарных преобразований над S $A = \{a_1, a_2 \dots a_m\}$, $m > 0$, которые могут быть объединены в общий алгоритм решения задачи. Задача состоит в том, чтобы найти алгоритм перевода текущего состояния S в целевое состояние T .

Таким образом, задача достижения цели сводится к модели M , состоящей из кортежа $M = \langle S, T, A \rangle$.

4.5.1. Правила расчета валентностей

Введем следующее обозначение. Валентность информации s_i для достижения значения t_i мы будем обозначать $Val(s_i, t_i)$.

Введем правила расчета валентностей.

Правило 1. Если существует такой алгоритм A , что $A(s_i) = > t_i$, то $Val(s_i, t_i) = 1$.

Правило 2. Если существует такой алгоритм A , что для $A(S) = > t_i$, где $S = \{s_1, s_2 \dots s_n\}$, $n > 0$, то $Val(s_i, t_i) = 1/n$.

Правило 3 (правило эквивалентности). Если существует такой алгоритм A , что для $A(S) = > t_i$,

$$\text{где } S = \{s_1, s_2 \dots s_n\}, n > 0,$$

и подмножество $B \in S$ можно заменить на подмножество $C \in S$, так что сохранится условие $A(S) = > t_i$, то

$$\sum_{i=1}^n Val(b_i, t_i) = \sum_{j=1}^m Val(c_j, t_j).$$

Определение

Если существует множество алгоритмов A , таких, что $A(S) = > t_i$, то алгоритм A_m такой, что

$$A_m = \max \left(\sum_{i=1}^n Val(s_i, t_i) \right),$$

называется алгоритмом **стимулированного решения задачи**.

В теории вычислительных алгоритмов используется понятие емкостной сложности алгоритма [3, с.65], которое определено следующим образом.

Если A – алгоритм решения задачи P для любых данных x из области D , и $s_A(x)$ – объем памяти, то S_A – емкостная сложность алгоритма, которая определяется следующим образом:

$$S_A(n) = \sup \{s_A(x); x \in D; |x| \leq n\}.$$

Теорема

Стимулированное решение задачи обеспечивает минимальную емкостную сложность алгоритма.

Доказательство

Доказательство от противного. Пусть S_m – емкостная сложность алгоритма S_m для алгоритма стимулированного решения A_m . Предположим, что существует алгоритм A_n , такой, что

$$S_m > S_n \text{ и } A_n > A_m.$$

Обозначим всю информацию, необходимую для решения задачи, по обоим алгоритмам S , подмножество информации, необходимой для алгоритма A_m , через B , а подмножество информации, необходимой для алгоритма A_n – через C . Тогда по правилу эквивалентности

$$\sum_{i=1}^n Val(b_i, t_i) = \sum_{j=1}^m Val(c_j, t_j),$$

следовательно:

$$A_m = \max \left(\sum_{i=1}^n Val(b_i, t_i) \right) = \max \left(\sum_{i=1}^m Val(c_i, t_i) \right) = A_n.$$

Отсюда

$$A_m = A_n,$$

что противоречит условию.

Стимулированное решение задачи позволяет минимизировать емкостную сложность алгоритма и тем самым эффективно использовать вычислительные ресурсы.

Новизна предлагаемого подхода состоит в том, что теперь мы можем оптимизировать не только решение задачи, как в классическом методе линейного программи-

рования, но и сам процесс нахождения решения. Понятие валентности выступает в качестве количественной меры эффективности решения задачи.

4.5.2 Примеры расчета валентностей

Задача 1. Дан исходный массив $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$. Требуется рассчитать валентность элементов массива для получения целевого массива T , такого, что $t_i = s_i^2$.

Решение. $Val(s_i, t_i) = Val(s_i, s_i^2) = 1$. Так как существует алгоритм возведения в квадрат, который для каждого элемента массива S позволяет получить элемент T , то валентность элементов S равна единице.

Задача 2. Дан исходный массив $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$. Требуется рассчитать валентность элементов массива для получения целевого массива T , такого, что

$$t_i = \sum_{j=1}^i s_j.$$

Решение. Для подсчета t_i необходимо i раз выполнить операцию суммирования, следовательно:

$$Val(s_i, t_i) = 1/i.$$

Однако для подсчета значений целевого массива можно воспользоваться следующим рекурсивным алгоритмом:

$$\begin{cases} t_i = s_i, i = 1 \\ t_i = t_{i-1} + s_i, i > 1 \end{cases}$$

Для этого алгоритма валентность элементов массива будет следующая:

$$\begin{cases} Val(s_i, t_i) = 1, i = 1 \\ Val(s_i, t_i) = 1/2, i > 1 \end{cases}$$

Если построим зависимости валентностей элементов массива от величины массива для обоих алгоритмов, то можем определить, какой из них обеспечивает стимулированное решение.

$$A_1 = \Rightarrow Val(S, T) = \{1, 1/2, 1/3, \dots, 1/n\},$$

$$A_2 = \Rightarrow Val(S, T) = \{1, 1/2, 1/2, \dots, 1/2\}.$$

Валентность элементов массива для первого алгоритма снижается, в то время как для второго остается постоянной. Поэтому стимулированное решение обеспечивает второй алгоритм.

Этот результат имеет следующее практическое значение. Если данный массив необходимо получать программным способом, то второй алгоритм будет требовать использования всего двух ячеек памяти, в то время как первый алгоритм будет требовать n ячеек, что при больших значениях n может сделать реализацию данного алгоритма невозможной.

Заключение

В данной работе введено деление информации по видам и предложены методы расчета количества информации в зависимости от вида. Предложенные методы расчета позволяют более адекватно рассчитывать емкость информационных хранилищ, используемых для хранения, поиска и обработки информации.

Библиографический список

1. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1963.
2. Советский энциклопедический словарь. – М.: Сов. энциклопедия, 1981.– С. 505.
3. Математический энциклопедический словарь. – М.: Сов. Энциклопедия, 1988.
4. Хоггер К. Введение в логическое программирование. Пер. с англ. – М.: Мир, 1988.
5. Вирт Н. Алгоритмы + структуры данных = программы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1985.
6. Яглом А.М., Яглом И.М. Вероятность и информация. – М.: Гос. изд-во физмат. лит., 1960.
7. Теория информации / Режим доступа: [http: // www.mindspring.narod.ru/math/it/TheorInf.files 17.05.2003].
8. Wiener, N. (1948). *Cybernetics*. New York: Wiley.
9. Химера информации / И.М. Докучаев . Режим доступа: [http: // www.artevik.narod.ru/publ/publ.html 01.06.2003].

О ДИСКРЕТНОМ МЕТОДЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУНКЦИЙ

В.Т. УНЧИКОВ, директор ООО «ВУС», канд. техн. наук

Известно, что в вычислительной математике при численном решении задач интерполяции, экстраполяции и др. используется квантование функций с определенным шагом по аргументу или по уровню.

Проведенное автором исследование взаимозависимости параметров, получаемых при квантовании функций, указывает на возможность аналитического преобразования функций.

Поясним сказанное рассмотрением метода преобразования логарифмической функции путем установления зависимости приращения аргумента от самого аргумента при квантовании по уровню с доказательством соответствующей теоремы.

Теорема

При квантовании логарифмической функции $Y = \log_a X$ квантом $\Delta Y = \text{const}$ зависимость $\Delta X(X)$ есть импульсная функция, аппроксимируемая линейной.

Доказательство

При квантовании функции

$$Y = \log_a X \quad (1)$$

по уровню постоянным квантом $\Delta Y = \text{const}$ обозначим начало кванта ΔX по аргументу через X_n и конец – через X_k . При этом конец предшествующего кванта $X_{(n-1)k}$ является одновременно началом последующего кванта X_{nk} (рис. 1).

Отметим, что $X_{nk} - X_{nn} = \Delta X_n$, $\Delta X_n = \text{var}$.

Тогда

$$\Delta Y = \log_a X_{nk} - \log_a X_{nn} = \log_a \frac{X_{nk}}{X_{ni}} =$$

$$= \log_a \frac{X_{nk}}{X_{nk} - \Delta X_n}$$

$$a^{\Delta Y} = \frac{X_{nk}}{X_{nk} - \Delta X_n};$$

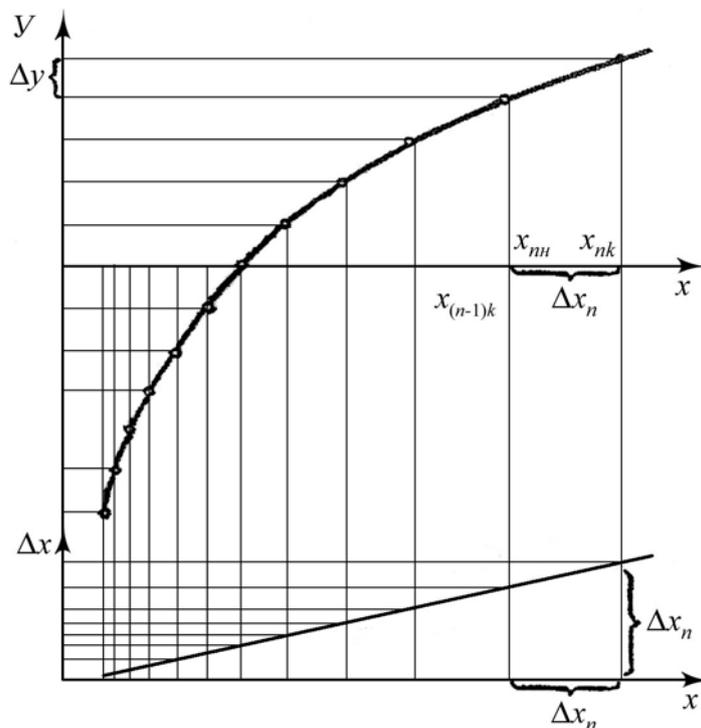


Рис. 1

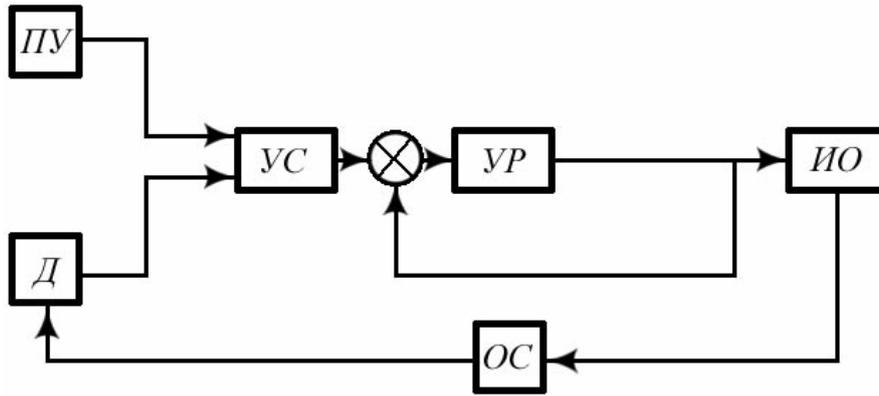


Рис. 2

$$a^{\Delta Y} \cdot X_{nk} - a^{\Delta Y} \cdot \Delta X_n = X_{nk};$$

$$(a^{\Delta Y} - 1) X_{nk} = a^{\Delta Y} \cdot \Delta X_n;$$

$$\frac{(a^{\Delta Y} - 1) X_{nk}}{a^{\Delta Y}} = \Delta X_n.$$

Пусть

$$\frac{(a^{\Delta Y} - 1)}{a^{\Delta Y}} = K \text{ есть const.}$$

Следовательно

$$\Delta X_n = K X_{nk}, \quad (2)$$

что и требовалось доказать.

Доказанная теорема может оказаться полезной при решении некоторых прикладных задач. Часть явлений природы и техники представляется математической моделью, использующей логарифмическую зависимость элементов. Кроме того, исходную непрерывную функцию может быть целесообразно аппроксимировать логарифмической функцией по аналогии с тем, как некоторая произвольная функция аппроксимируется параболой по методу Симпсона.

Формула (2) позволяет логарифмическую функцию свести к линейной. Реализация линейной функции, например, в системах управления, предъявляет к техническим

средствам более простые и легкие требования, нежели реализация логарифмической функции.

Приведем в самом общем виде пример блок – схемы системы с использованием формулы (2).

Программное устройство ПУ (рис.2) вырабатывает программные сигналы (например, импульсы) в соответствии с формулой (2), которые поступают на вход устройства сравнения УС. На второй вход УС с датчика Д поступают сигналы в соответствии с фактическим набором квантов. По любому сигналу, поступившему первым, УС с учетом рассогласования выдает сигнал на усилитель-регулятор УР, который включает исполнительный орган ИО с целью компенсации рассогласования по цепи обратной связи ОС.

На этапе проектирования системы определяется область допустимых значений U и X .

Анализ характеристического уравнения системы с использованием Z -преобразования позволяет однозначно определить зависимость квантов от допустимой амплитуды колебаний при условии устойчивости системы.

ЛЕСНЫЕ ПРОМЫСЛЫ ДРЕВНЕЙ РУСИ

Л.Ю. КЛЮЧНИКОВ, *проф. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛ, д-р. с.-х. наук*

Сообщение подготовлено по материалам книг С.М. Соловьева «История России с древнейших времен». Используются также сведения из статей Большой Советской энциклопедии. Во многих местах сохранен язык произведений С.М. Соловьева.

В древности племена славянские заселяли страну, покрытую девственными лесами, наполненную реками, озерами, болотами [4]. Хозяйственная деятельность человека состояла в собирании для пищи дикорастущих плодов, ягод, съедобных кореньев, меда и прочего. Собирачество вместе с охотой, рыболовством составляло единый комплекс присвоения преимущественно готовых продуктов природы [3].

С образованием государства стали собирать дань. Известно, что в середине X века древляне обязывались давать княгине Ольге мед и меха [5]. Бортевое пчеловодство (от слова «борть» – дупло дерева) представляло одну из важных отраслей хозяйства Древней Руси. Дупла использовали естественные или выдалбливали в толстых деревьях по несколько в каждом на высоте от 4 до 15 метров. Внутри дупел для укрепления сотов устраивали кресты или снозы. Мед отбирали через узкие длинные отверстия – должи [2]. Получали также воск.

Главным источником приобретения товаров были дань и охота зимой. В ноябре князья с дружиной отправлялись за данью. Дань туземных племен состояла из шкур пушных зверей, воск и мед могли получать тем же путем. В апреле в Киев привозили с собою множество мехов и немедленно часть дружины отправлялась в лодках по Днепру и морю в Константинополь и в Болгарию. Русскими товарами в конце X века были воск, мед и меха [6]. С этими же товарами руссы ездили на восток в города козарские. По Днепру и Черному морю входили в Азовское

море, поднимались по Дону, перетаскивали суда в Волгу, спускались к столице козарской Итилю, находившейся около нынешней Астрахани. Потребность в мехах усиливалась на востоке с распространением богатства и роскоши. Шубы стали почетною одеждою и покупались дорогого [7].

В Киевской Руси XII века среди богатств княжеских упоминаются мед и стада скота, исчислявшиеся тысячами голов. Для них запасали много сена. На путивльском дворе князя Святослава Ольговича среди всякого рода добра в погребах стояло 500 берковцев меду – 82 тонны. Один берковец равен 10 пудам, примерно 163,8 кг [1]. В сельце у Игоря Ольговича был устроен двор добрый, где много было меду и всякого товара, на гумне было 900 стога [8].

При хане Батые в середине XIII века провели первую перепись татарскую для сбора дани. Каждый человек мужского пола, какого бы возраста и состояния он ни был, обязан был платить по меху медвежьему, бобровому, соболиному, хорьковому и лисьему; кто не мог заплатить, того отводили в рабство [8]. С образованием Московского княжества в XIV веке одною из важнейших статей дохода было пчеловодство и варка меду; об этой статье князья постоянно упоминают в своих договорах и завещаниях [10]. В начале XV века (1407 год) из Полоцка, находившегося под литовской зависимостью, немецкие купцы вывозили среди других товаров меха, воск, лес [11].

Летописи сообщают о жизни князей и наиболее важных событиях государственной деятельности. Сведения о народном быте очень скудные. С развитием земледелия и вырубкой лесов промыслы стали выполнять второстепенную роль, все же являясь важным источником пищи населения лесных областей (собираение грибов, пло-

дов, ягод, орехов). Бортничество уступило место пасечному пчеловодству [3]. В царствование Ивана III (вторая половина XV века) купцы из ставшего сильным Московского государства торговали в литовских владениях Киеве, Полоцке, Вильне, Путивле и других местах мехами, воском, медом [12]. В начале XVI века по распоряжению великого князя Александра Литовского иностранные купцы могли покупать в Полоцке товары в большом количестве: воск штуками не менее 5 пудов, меха пушных зверей – сороками (связками по 40 штук). Не имели права покупать ни в лесах, ни в борах, ни в селах, а только в Полоцке. Из грамоты Александровой мы узнаем, что отпускная торговля Полоцка состояла в воске, мехах, золе и смоле [13].

По описаниям иностранцев, главные произведения Московского государства первой половины XVI века хлеб, лес, мед, воск и меха. Сосны в лесах московских величины невероятной; дуб и клен гораздо лучше, чем в Западной Европе; пчелы кладут мед на деревьях без всякого присмотра. Рассказывали, как один крестьянин, опустившись в дупло огромного дерева, увяз в меду по самое горло; тщетно ожидая помощи в продолжение двух дней, он питался только одним медом и наконец выведен был из этого отчаянного положения медведем, который опустился задними лапами в то же дупло; крестьянин ухватился за него руками и закричал так громко, что испуганный медведь выскочил из дупла и вытащил его вместе с собою. Пушного зверя в лесах московских множество; собольи меха ценятся по черноте, длине и густоте волоса; цена увеличивается еще смотря по тому, в какое время пойман зверь. Лисьи меха, особенно черные, стоят дорого: десяток продается иногда по 15 золотых. Бобровые меха также очень ценны. Беличьи привозятся из разных мест, больше всего из Сибири; лучшие, впрочем, добываются недалеко от Казани; потом привозятся из Перми, Вятки, Устюга и Вологды [14].

По иностранным известиям, жители Московского государства производили об-

ширную торговлю сырыми произведениями своей страны: все количество смолы и воска, потребляемое в Европе, равно как и дорогие меха, привозилось через Ливонию из московских владений, а также большое количество смолы и воска шло за границу из Западной, Литовской Руси. Из Московского государства среди других товаров отпускался за границу на западе лес, а в Литву и Турцию вывозились кожи и меха [15].

В конце XVI века австрийский император Рудольф воевал с турками и неоднократно просил царя Бориса Годунова помочь казною. Весной 1595 года были отправлены послы и повезли меха соболей, куниц, лисиц, белок, бобров, волков, кожи лосиные на 44 720 рублей. Сам император с ближними людьми пришел смотреть посылку, разложенную в двадцати палатах, государеву вспоможению обрадовался и удивлялся тому, как такая великая казна могла быть собрана? Говорил, что их прежние цесари и советники никогда таких дорогих соболей и лисиц не видывали, и расспрашивал послов, где такие звери водятся, в каком государстве? Послы отвечали, что все эти звери водятся в государевом государстве, в Конде и Печоре, в Угре и в Сибирском царстве, близ Оби, реки великой, от Москвы больше 5000 верст. После сказывали послам, что цесарь велел оценить присылку пражским купцам, и те оценили ее в 400 000 рублей, а трем сортам лучших соболей цены положить не умели по их дороговизне [16].

В России XVII века условия неблагоприятные, застой в промышленности и торговле, бедность после разгрома Смутного времени и от новых тяжелых войн [17]. В заключение можно обобщить, что в Древней Руси в средние века и позже на протяжении 700 лет основными произведениями лесных промыслов были меха пушных зверей, мед, воск. Эти товары использовали для внутреннего потребления и в торговле с Западом и Востоком. Собираение грибов, плодов, ягод, орехов являлось важным источником пищи населения. В XVI веке производили обширную торговлю к отпускаемым за границу товарам добавились лес, зола, смола.

Библиографический список

1. Большая советская энциклопедия. – М.: Сов. энциклопедия Т. 3, 1970, С. 237
2. Т. 3, 1970, С. 583
3. Т. 24, 1976, кн.1, С. 6
4. Соловьев С.М., История России с древнейших времен, М., изд. Мысль, 1988-1991
5. Т.1, гл. 1, С. 58
6. Т. 1, гл. 6, С. 147
7. Т. 1, гл. 8, С. 242
8. Т. 1, гл. 8, С. 243
9. Т. 3, гл. 1, С. 12
10. Т. 3, гл. 3, С. 154
11. Т. 4, гл. 3, С. 482
12. Т. 4, гл. 3, С. 536
13. Т. 5, гл. 5, С. 170
14. Т. 5, гл. 5, С. 172
15. Т. 5, часть II, гл. 3, С. 312
16. Т. 5, часть II, гл. 3, С. 314
17. Т. 7, гл. 3, С.240
18. Т. 13, гл. 1, С. 101

**ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ЛЕСНАЯ ПЕЧАТЬ
В ДОРЕВОЛЮЦИОННОЙ РОССИИ**

А.И. РЫБАЛКИН, доц., науч. сотр. кафедры «История Отечества» Воронежского государственного аграрного университета

Осознавая важность развития лесного хозяйства, в начале 30-х годов XIX в., правительство предприняло некоторые меры к распространению в обществе лесохозяйственных знаний, без которых культура лесопользования не могла получить желаемого развития. К мерам такого рода относились стимулирование создания лесных обществ и издание специализированных периодических изданий.

25 февраля 1832 г. по инициативе Е. Ф. Канкрин в России было создано «Общество для поощрения лесного хозяйства» [1]. Основной целью Общества являлось «обращать внимание публики и особенно лесовладельцев на крайнюю необходимость заниматься безотлагательств важным предметом сбережения лесов, на священную обязанность пешись об отвращении нужд потомства, и на непременную пользу, ожидаемую не только для публики, но и для каждого частного владельца от улучшения лесного хозяйства» [2]. Для достижения этой цели на общество возлагалась обязанность посредством печатных изданий и своих членов и корреспондентов распространять сведения о правилах лесоводства, знакомить их с методами разведения и рубки лесов, содействовать устройству древесных питомников в безлесных губерниях, выписывать семена древесных пород для разведения и т. д.

В положении были определены следующие способы общения общества с публикой: «1. Публичные ведомости и разные периодические сочинения; 2. Издание по временам особых книг по разным предметам лесоводства; 3. По дальнейшему соображению особый журнал, собственно по части лесного хозяйства» [3].

Для информирования общественности о своей деятельности общество в первый год существования помещало свои объявления и статьи в «Журнале мануфактур и торговли», в «Журнале Министерства внутренних дел» и в приложении к коммерческой газете. Но с расширением сферы деятельности эти издания не удовлетворяли потребности общества, и на десятом заседании по представленному коллежским советником фон Фоком проекту было решено приступить в 1833 г. к изданию специального журнала. Проект был рассмотрен в особом комитете, и 27 января 1833 г. на своем одиннадцатом заседании общество, заслушав правила издания журнала и смету расходов на его содержание, постановило «приступить к изданию Лесного Журнала и определить для этого двух сотрудников: тайного советника Юханцева и ученого лесничего Гильдемана» [4]. При этом Юханцев занимался переводами и корректурой, а Гильдеман осуществлял

редакторскую работу и снабжал статьи своими комментариями.

Первая книжка Лесного журнала вышла в мае 1833 г. Всего же за первый год издания их было выпущено четыре общим тиражом 771 экземпляр, при этом 714 книг были распространены по подписке, в том числе на 4 экземпляра подписался император и 57 розданы бесплатно. В следующем, 1834 г. было выпущено уже шесть номеров, в 1835 г. тираж Лесного журнала составил уже 1 200 экземпляров, при этом он приносил и небольшую прибыль [5]. Редакция журнала сочла целесообразным ежегодно бесплатно направлять в губернии определенное количество экземпляров журнала для создания публичных библиотек. Так, в 1836 г. в губернии было направлено 36 экземпляров, что относилось к мерам распространения полезных сведений о лесном хозяйстве и составляло предмет особой гордости редакции.

Министр финансов Е. Ф. Канкрин акцентировал внимание Николая I именно на эту сторону деятельности общества и редакции журнала, который и сам проявил интерес к их работе. Император одобрил начинание по распространению знаний о лесном хозяйстве и распорядился назначить ежегодное пособие на содержание редакции Лесного журнала [6].

Достаточно эффективная деятельность редакции объяснялась тем, что она публиковала в первых номерах преимущественно компиляции и простые переводы, а для приобретения книг и журналов общество выделяло 1 500 рублей в год. Между тем в журнале помещались и статьи, которые оказывали значительное влияние на формирование мировоззрения лесных чинов относительно необходимости распространения знаний о лесе как одного из факторов успешного ведения сельского хозяйства. Уже в первом номере журнала было опубликовано «Рассуждение о необходимости охранения владельческих лесов от истребления и о пользе правильного лесного хозяйства», где было отмечено, что «забота о лесе налагает на всякого благомыслящего гражданина священную обязанность заботиться о сохра-

нении сего драгоценного дара» [7]. Во втором номере за 1835 г. была опубликована обширная статья преподавателя лесоводства Королевско-Прусской земледельческой академии Финтельмана «О важности лесохозяйственных познаний для сельского хозяина», в которой автор утверждал, что двух мнений относительно важности познаний о лесе для сельского хозяина быть не может. Такие знания необходимы, поскольку «неосторожное обнажение земли от лесов» привело к изменению климата и, как следствие, понижению урожайности, а также повышению стоимости древесины. Эти два фактора не только отрицательно сказались на уровне жизни прежде всего бедного населения, но и негативно повлияли на экономическое положение тех стран и регионов, где лесохозяйственное велось неконтролируемыми и быстрыми темпами. Однако Финтельман делает вывод, что «наука лесоводства во всей ее обширности только тогда будет оценена во всем ее достоинстве сельскими хозяевами, когда они собственным опытом убедятся, сколь вредно истребление лесов» [8].

Однако к концу 30-х годов тираж журнала стал падать, и для того чтобы его увеличить и тем самым поддержать и журнал и общество, министр финансов в 1839 г. издал распоряжение о подписке на него всех подведомственных органов.

Исходя из этого общество сочло целесообразным размещать на страницах журнала известия о распоряжениях и постановлениях правительства, касающихся лесной части. Это, по его мнению, в значительной степени способствовало бы улучшению информирования чиновников и лесоводов о мерах, правительства, направленные на регулирование отношений в сфере лесной политики государства. Кроме того, общество и редакция предложили такую структуру содержания Лесного журнала, которая бы отражала мероприятия властных структур различных уровней, направленных на улучшение лесного хозяйства, статьи по лесному законоведению и лесоуправлению, а также популяризировало успешную деятельность лесоводов и лесохозяйственных опытов.

Министр государственных имуществ одобрил такое решение и сделал распоряжение о предоставлении информации журналу от всех департаментов, имеющих отношение к лесному делу [9].

Таким образом, из сборника технических статей журнал превращался в официальный правительственный орган. Это в значительной степени скорректировало редакционную политику, и количество статей, касающихся лесоводческой практики, в журнале стало сокращаться. Это повлияло на то, что объем и тираж журнала стали уменьшаться, и в 1844 г. из 12 номеров было выпущено лишь пять, а остальные отпечатаны в следующем году.

Кроме того, на редакционную политику Лесного журнала повлияло и то, что президент Вольного экономического общества П.Г. Ольденбургский, являвшийся с 1837 г. и президентом общества для поощрения лесного хозяйства, предлагал идею об их объединении, «основываясь на том соображении, что лесное хозяйство состоит в тесной связи с сельским; что Экономическое Общество, по долголетнему своему существованию, упроченным связям и сношениям, и многочисленности членов и корреспондентов, может оказать оному содействие из собственных средств, для достижения означенной цели».

Такое мнение основывалось на том, что члены и корреспонденты общества достаточно часто давали критическую оценку деятельности лесного ведомства на местах. Так, в записке корреспондента ВЭО Тверской губернии, лесничего Вильдермета, «О состоянии лесов в России, главных причинах их оскудения и устранении некоторых из этих причин», составленной в 1841 г., указывается на то, что основным путем устранения негативных тенденций в лесном хозяйстве может стать консолидация интеллектуальных ресурсов страны, подготовка кадров и увеличение финансирования лесного ведомства [10].

26 марта 1845 г. было принято решение о присоединении Лесного общества к ВЭО, в котором оно составило особое –

шестое отделение. Субсидии, отпущенные на его содержание, в размере 5 700 рублей серебром, были включены в бюджет ВЭО. Члены Общества для поощрения лесного хозяйства в количестве 21 человек и корреспонденты в количестве 30 человек, были признаны членами и корреспондентами ВЭО, а председателем шестого отделения избран тайный советник, которого вскоре на этом посту сменил Н.И. Юханцев.

Вольное экономическое общество признало, что Лесной журнал как единственное издание по лесной части на русском языке должен оставаться основным инструментом для популяризации в обществе лесохозяйственных знаний. Вследствие этого был составлен и утвержден план, в котором определялись содержание, порядок издания, должностные обязанности редактора и смета.

В содержание журнала входили: лесохозяйственная наука, лесная статистика и география, лесоизмерение, изобретения и открытия, естественные науки, садоводство, наблюдения в Отечестве, сельское хозяйство, охота, критика и библиография, смесь. Редактором журнала был назначен А. Арсеньев [11].

Однако намерения повысить уровень и значимость Лесного журнала оказались безуспешными. В журнале все чаще стали появляться статьи чисто научного характера, что снижало интерес к нему как лесоводов-практиков, так и чиновников лесного ведомства. И хотя журнал выходил относительно регулярно и цена на него уменьшалась, в 1851 г. без предварительного объявления он прекратил свое существование.

И все же, несмотря на это, первый опыт создания специализированного периодического издания имел огромное значение. В нем были опубликованы фундаментальные труды таких выдающихся лесоводов того времени, как Боде, Бульмеринг, Вергас де Бедемар, Левис, Теплоухов, Фрейрейс и других, с которыми до этого мог ознакомиться очень узкий круг специалистов владеющих иностранными языками. С появлением журнала этот круг значительно расширился.

Кроме капитальных трудов здесь нашли отражение множество различных сведений, хотя и носящих отрывочный характер, но имеющих важное практическое значение как для лесоводов-практиков, так и для лесовладельцев, заинтересованных в развитии своих хозяйств.

Важной составляющей популяризации лесохозяйственных знаний являлось и то, что журнал стал правительственным рупором трансляции лесных законов и правил, которые ранее распространялись только посредством бюрократического аппарата и на местах могли интерпретироваться по-разному. Теперь же законы и постановления доводились до непосредственных исполнителей и, кроме того, в журнале стали появляться статьи, подвергающие анализу и даже критике правительственные решения, что помогало читателям лучше разобраться в тех проблемах, которые возникали в лесоводческой практике.

Осознавая важность распространения знаний о лесном хозяйстве, Лесной департамент предпринимал попытки создать новое специализированное периодическое издание. Но только через три года после закрытия Лесного журнала (в 1855 г.) вышло в свет еженедельное издание «Газета Лесоводства и Охоты» с приложениями в виде брошюр и книг, выходящими отдельными изданиями. На издание департамент выделял 2 500 рублей ежегодных субсидий. Редактором газеты был назначен Ф.К. Арнольд, и он же был автором большинства статей в первый год ее существования [12]. По свидетельству В.Т. Собичевского именно благодаря Ф.К. Арнольду и была основана эта газета [13].

Учитывая опыт издания Лесного журнала в газете было выделено 7 разделов, в которых освещались лесоводство в России, зарубежный опыт, охота, библиография, официальная часть и распоряжения правительства, касающиеся лесной части, а также различные «прибавления».

В 1858 г. редактором газеты был назначен Н.В. Шелгунов, который достаточно критически оценивал ее качество и идейную направленность: «Я надеялся увидеть на

страницах ее имена новых деятелей по части лесоводства в России, но, к сожалению, надежда эта не оправдалась вполне и из числа оригинальных статей, явившихся в печати в последние три года, не многие внесли в науку новую идею...». А оценивая потребность и значение специализированного периодического издания, он отмечал: «Наступила новая эра, снова пробудилась жизнь, почувствовали мы, наконец, необходимость высказаться печатным словом, высказать свои наблюдения и заметки. Чувствуем мы, что нужно для наших лесов, знаем, что нужно их возобновить, да как это сделать? Много для нас неуясненного, много спорного в самых пустых мелочах. Только специальное издание может служить местом выработки подобных вопросов, только такое издание приведет вообще в жизнь новые вопросы, наблюдения и поможет нам разработать наше еще очень молодое лесное дело» [14].

Со страниц газеты Н.В. Шелгунов обратился ко всем заинтересованным лицам сообщать в редакцию сведения, касающиеся методов и приемов хозяйствования в лесах, причин нерадивого использования и охраны, а также местных способов продажи и цены на лесные материалы. В ряде своих статей он подробно описывал зарубежный опыт развития лесоводства и лесного законодательства, и особенно выделял лесоводческую практику Германии. Но при этом подчеркивал, что русские лесничие должны использовать и свой собственный опыт исходя из местных экономических, климатических и иных особенностей [15]. Однако выводы, сделанные Н.В. Шелгуновым относительно перспектив развития лесного хозяйства в России, достаточно противоречивы. В «Заключении к заграничным письмам», опубликованном в 1859 г., с одной стороны, он утверждал, что лесное хозяйство Германии является недостижимым идеалом для России, но, с другой, – стремился доказать, что теоретические знания, получаемые из немецких учебников, для нашей страны не пригодны и «нам нужны свои наблюдения и свои опыты» [16]. В то же время в своей докладной записке от 11 ноября 1859 г. о командировке

в Европу он указывал на то, что каждому русскому лесничему следует обязательно побывать во Франции, чтобы ознакомиться с практикой лесоразведения. Но этого опыта, по его мнению, будет недостаточно, если не побывать в Пруссии и Баварии [17].

При этом он высказывал достаточно спорную идею относительно того, что лесоводство не является наукой, поэтому лесничих в России и надо обучать преимущественно в училищах на уровне лесного кондуктора, а в высших учебных заведениях готовить специалистов для аппарата управления, лесоустройства и лесной науки.

В этом выводе он был не одинок, и, вероятно, именно такой подход к созданию системы образования доминировал в кругах ведущих лесоводов, поскольку в 1858 г. и Ф.К. Арнольд в статье «Нужно ли требовать от лесничих научного образования» высказывал подобные идеи [18]. И, наконец, Н.В. Шелгунов пропагандировал идею о том, что «Казенные формы и казенное лесное хозяйство не подвигают народное хозяйство и следовательно вполне государственной мерой будет развитие принципа, по которому леса должны перейти постепенно в частную собственность» [19].

Дискуссии о месте и роли науки о лесном хозяйстве, а также о системе и уровне подготовки кадров для лесного хозяйства велись в кругах лесоводов продолжительное время. А одним из поводов их обострения послужили письма прусского оберфорстмейстера Порейля, направленные в адрес заведующего технической частью при инспекторском управлении Корпуса лесничих, подполковника Бульмеринга. В письмах он аргументированно доказывал, что эффективность ведения лесного хозяйства полностью зависит от научных исследований в области лесоводства. При этом он считал, что европейские лесоводческие школы могут оказать существенную помощь в подготовке квалифицированных кадров и становлении системы лесного образования в России [20]. Противники использования европейского опыта считали, что знакомиться с ним нужно, но использовать нельзя, так как Россия

отличается не только природно-климатическими и почвенными условиями, но и социокультурными особенностями.

Между тем, Н.В. Шелгунов вскоре был отстранен от должности редактора, и газету редактировал П.А. Коноплин, а в 1859 г. редактором был назначен Н.М. Зобов. Однако содержание газеты вызывало недовольство цензуры, и 1859 г. стал последним годом ее издания. В последнем номере Газеты лесоводства и охоты в редакционной статье Н.М. Зобов дал такую оценку ее деятельности: «Газета Лесоводства, в той области знания, которая ей была отведена, явилась следствием потребности современной мысли и в свою очередь имела влияние на развитие этой мысли, что она постоянно ратовала против всего отживающего, но еще глубоко пустившего корни в русскую почву, против педантизма, рутины, слепого подражания стране, в которой условия совсем другие, нежели в нашем отечестве, против узких и своекорыстных побуждений ...»

Если читатели возьмут на себя труд сравнить издававшийся с сороковых годов «Лесной Журнал» с «Газетой Лесоводства и Охоты», они увидят резкое различие в духе и направлении этих изданий. Точно так же, как появление нашей газеты, так и прекращение ее не зависели от простой случайности; она была вызвана потребностью сказать новое слово; она сказала это слово, – живое, исполнила свою задачу, и после того дальнейшее ее существование было бы лишено всякого особенного значения ... «Газета Лесоводства», находясь в сравнении с другими периодическими изданиями, в совершенно исключительном положении, умела сохранить свое достоинство: она никогда не служила исключительным органом какой-либо партии и никогда интересы, чуждые науки, не запятнали ее страниц» [21].

После закрытия Газеты лесоводства и охоты ее редакция была приглашена в журнал МГИ. Он издавался с 1841 г. сначала под названием «Журнал Министерства Государственных Имуществ», а в 1865 г. он получил название «Сельское Хозяйство и Лесоводство». По своему характеру он являлся

единственным толстым журналом, в котором находили отражение статьи по различным отраслям сельского хозяйства и в том числе лесоводства, что в определенной степени удовлетворяло потребности сельских хозяев в получении агрономических знаний [22]. Его редактор Ф. А. Баталин способствовал тому, что лесной отдел, после ликвидации газеты, получил развитие и количество публикаций, касающихся лесного дела, в нем увеличилось [23].

Таким образом, к середине XIX в. правительству не удалось создать постоянно действующий периодический орган печати, который способствовал бы объединению всех заинтересованных лиц и организаций и консолидации усилий по распространению передового опыта хозяйствования в лесах. И, тем не менее, первые журналы и газета стимулировали интерес многих землевладельцев к ведению лесного хозяйства на научной основе, о чем свидетельствует многочисленная корреспонденция в адрес первых периодических изданий. Кроме того, благодаря этим изданиям в России стала формироваться группа ученых лесоводов и энтузиастов-корреспондентов, которые были убеждены в необходимости своей деятельности по популяризации научных знаний о лесе и распространению собственного опыта хозяйствования в лесах. Формированию этой группы во многом способствовали и специальные лесные учебные заведения.

Проблемы лесного хозяйства, обострившиеся в ходе осуществления крестьянской реформы, в значительной степени стимулировали повышение общественной активности в лесоводческих кругах. Это повлияло на то, что в столице образовался «Кружок петербургских лесничих», и осенью 1869 г. на очередном собрании его членов было решено расширить деятельность кружка. 14 декабря 1869 г. в квартире Н.С. Шафранова 25 его членов приняли решение об учреждении общества, которое должно было консолидировать усилия ученых, лесоводов-практиков, лесовладельцев и лесопромышленников, заинтересованных в разрешении проблем и развития лесопро-

мышленного комплекса России. В обращении к «членам семьи русских лесничих» собрание просило их оказать содействие в становлении нового общества.

Председателем ежемесячных собраний общества был избран В.С. Семенов, член Ученого комитета МГИ и вице-инспектор Корпуса лесничих, товарищем председателя – П.Р. Казицын, вице-директор Лесного департамента, и секретарем – Н.С. Шафранов, преподаватель Санкт-Петербургского земледельческого института, ставший впоследствии его директором [24]. Таким образом, несмотря на общественный характер нового объединения, у его истоков стояли лица, занимавшие высокие посты в лесном ведомстве.

Организационное собрание 137 учредителей общества состоялось 5 апреля 1871 г., а 2 марта того же года министр государственных имуществ утвердил устав Лесного общества [25]. В соответствии с положениями первого параграфа устава Лесное общество имело целью содействовать развитию в России лесного хозяйства. Реализовать эту цель общество предполагало «а) совещанием членов и разработкой лесных вопросов; б) изданием, по мере своих средств, Лесного Журнала и содействием изданию сочинений по лесному хозяйству; в) производством опытов и исследований и г) устройством лесохозяйственных съездов и выставок, с особого каждый раз разрешения подлежащих властей». В общество, состоящее из «неограниченного числа его членов: действительных, почетных и корреспондентов, как русских, так и иностранных», избирались большинством голосов, по письменному предложению не менее двух действительных или почетных членов.

Деятельность Лесного общества не могла оказывать непосредственного влияния на всех лиц, заинтересованных в развитии лесоводства, поскольку основной формой его деятельности являлось обсуждение на своих заседаниях различных вопросов, касающихся теории и практики лесоразведения. Но вместе с тем Лесное общество являлось генератором формирования издатель-

ской политики Лесного журнала, который и выступал в качестве посредника между всеми заинтересованными сторонами.

Со второй половины 1871 г. журнал стал выходить один раз в два месяца. Он рассылался всем членам Лесного общества бесплатно, а для подписчиков с пересылкой и доставкой цена составляла четыре рубля.

Журнал, как правило, включал в себя несколько разделов, в которых публиковались статьи по всем отраслям лесного хозяйства, законы и постановления, касающиеся лесной части, и зачастую их анализ, в разделе лесохозяйственной библиографии осуществлялось рецензирование сочинений по лесному хозяйству отечественных и иностранных авторов. Здесь находили отражение известия о деятельности Лесного общества и лесоторговые известия, а также лесная хроника и смесь. При этом в нем много внимания уделялось вопросам подготовки специалистов, организации лесного опытного дела и степного лесоразведения, освещению практики хозяйствования в лесах за рубежом. Здесь же содержалось большое количество научных статей и аналитических материалов, что не могло не заинтересовать лесоводов-практиков. И, наконец, многие считали, что выход шести номеров журнала в год достаточно неудобен для подписчиков, поскольку в них печатались пространные статьи, а оперативная информация задерживалась или не находила отражения [26].

Такое положение не могло не беспокоить членов общества, и 28 января 1877 г. в совет общества поступило заявление Э.И. Шенрока с критикой издательской политики. Учитывая его критику, 14 декабря 1877 г. совет Лесного общества разослал письмо, в котором сообщалось: «Прислушавшись к голосам, раздающимся из провинций относительно характера и направления «Лесного журнала», решено в отношении содержания его, насколько позволит материал, давать место преимущественно работам практического направления, особенно же сообщениям из провинции об обстановке и результатах лесного хозяйства». Здесь также сообщалось, что журнал будет издаваться

ежемесячно «с целью достижения более живого обмена мыслей и доставления в провинцию, по возможности новых сведений» и что в приложениях «будут помещаться крупные работы и даже целые отдельные сочинения и рассылаться бесплатно» [27].

С 1878 г. Лесной журнал начал выходить ежемесячно, но его содержательная часть изменилась мало. В отчете за 1879 г. сообщалось, что редакция не смогла придать журналу практическое направление и прежде всего по причине недостаточного количества материалов, поступающих с мест.

Впоследствии и Лесное общество и редакция Лесного журнала неоднократно возвращались к вопросу улучшения его структуры и содержания, что свидетельствует о заинтересованности их членов в развитии и распространении лесоводческих знаний.

Несмотря на указанные недостатки, и Лесное общество и Лесной журнал стали важной составляющей складывающейся системы распространения лесоводческих знаний и популяризации идей «правильного хозяйствования в лесах».

Начало 90-х годов XIX в. ознаменовалось появлением целого ряда специализированных периодических изданий, которое было обусловлено повышением интереса к лесоразведению и лесопользованию. Одним из первых разрешение на издание журнала без предварительной цензуры получил исполняющий обязанности профессора Санкт-Петербургского лесного института В.Я. Добровлянский [28]. Первый номер журнала «Русское лесное дело» вышел в свет 15 сентября 1892 г., в передовой редакционной статье которого было отмечено, что «лесное дело принадлежит, бесспорно, к числу важнейших отраслей народного хозяйства России. Правильное и успешное развитие этого дела не может не представляться в высшей степени желательным в интересах нашего отечества» [29].

В 1895 г. была открыта подписка на сельскохозяйственный журнал «Деревня», в котором одной из основных ставилась задача «распространять практически-полезные

советы по лесному хозяйству, сельскохозяйственной и лесной технологии» [30].

В 1899 г. по инициативе московских лесопромышленников был учрежден еженедельник «Лесопромышленный вестник», который со временем получил широкое признание не только в кругах лесопромышленников и лесных торговцев, но и в среде лесоводов всей страны, поскольку материалы журнала затрагивали самые актуальные проблемы политики государства в области лесной политики [31].

Рубеж XIX – XX вв. характеризовался и важными изменениями, происходившими в общественном сознании, относительно ценности и пользы образования вообще и лесного в частности. Ярким свидетельством этого является тот факт, что с 1887 по 1901 г. в России «производство книжного товара» увеличилось в три раза (по данным Н. Рубакина, количество выпускаемых книг увеличилось за это время с 18,5 до 58,5 миллиона) [32]. Об этом говорилось и в выступлении министра земледелия, и в поздравительном адресе, подписанном многими авторами и переводчиками, который зачитал В.И. Ковалевский на праздновании, 10 ноября 1902 г., тридцатилетия издательской фирмы А.Ф. Девриена. Особо здесь были отмечены ее заслуги в популяризации и распространении научных знаний. Это издательство являлось ведущим по выпуску лесоводческой литературы как зарубежных, так и отечественных авторов и за период с 1872 по 1902 г. выпустило в свет 2 477 650 экземпляров книг [33].

С 1904 г. произошли определенные позитивные перемены в редакционной политике Лесного журнала. В конце этого года его редактором был избран профессор Г.Ф. Морозов, который предложил на 1905 г. увеличить количество выпускаемых номеров с шести до десяти, и подписную плату с 4 до

6 рублей, снизить вдвое оплату за подписку для учащихся, и отклонить льготную и бесплатную подписку на журнал членов Лесного общества.

С приходом Г. Ф. Морозова на должность главного редактора стала постепенно меняться научная и идейная направленность журнала. Новая редакционная политика, по его мнению, должна была заключаться в том, чтобы статьи не являлись только «перепевами» известного, а затрагивали и изучали новые подходы к лесоводственным вопросам.

Исходя из этого в журнале стали появляться статьи по экономике лесного хозяйства, обсуждаться вопросы социально-политического характера, увеличилось количество рецензий, расширился библиографический разделы т. д. Например, в № 10 за 1907 г. была опубликована дискуссионная статья М. Григорьева «Лес и аграрная реформа», а также доклады А.А. Кауфмана «Об отчуждении лесов» и «Отчуждение владельческих лесов», которые вызвали широкий резонанс в лесоводческих кругах.

Кроме того, интерес к журналу проявлялся и в высших политических кругах. Так, в 1911 г. покровитель Лесного общества Великий князь Михаил Александрович, стремясь показать свою благосклонность к Лесному журналу, приказал отпускать из своих собственных средств ежегодно 1 500 рублей для его поддержки [34].

Новая редакционная политика, а также повышающийся интерес к лесному делу стали залогом роста популярности Лесного журнала, о чем свидетельствовало увеличение его тиража и количества подписчиков. По данным И.Г. Бейлина, это выражалось в ежегодном росте тиража журнала и увеличения числа подписчиков, что представлено в следующей таблице:

Т а б л и ц а 1

Год издания	Тираж журнала	Количество подписчиков
1907	1 000	454
1908	1 000	717
1911	1470	1120
1915	2000	1264

Определенная реорганизация произошла и еще в одном значимом издании – журнале «Сельское хозяйство и лесоводство». Выпускавшийся с 1841 г., он приостановил свою работу в конце 1907 г. из-за дискуссий о его принадлежности и определении стратегии редакционной политики. В ноябре 1908 г. ГУЗиЗ приняло окончательное решение о передаче журнала в ведение своего ученого комитета и поручил ему продолжить его выпуск [35]. Оставаясь по-прежнему органом ГУЗиЗ, редакция журнала расширила его программу распространения агрономических знаний. В лесном отделе появилось больше материалов, отражающих работу опытных станций и полей, публиковались труды земских учреждений и различных обществ, обзоры других отраслей народного хозяйства и т. п.

Важным событием явилось и появление в 1910 г. еженедельного журнала «Лесопромышленник», учрежденного советом съездов представителей лесной промышленности и торговли. Создатели журнала считали, что он станет союзником «Лесопромышленного вестника» и заполнит существующую нишу в информации о состоянии лесной промышленности и торговли лесом как внутри страны, так и за ее пределами. При этом, подводя итоги первого года существования журнала, его редакция отмечала, что она выражает чувство полного удовлетворения тем результатом, который был достигнут, и прежде всего установившейся связью между журналом и лесными деятелями [36].

В этот период стали появляться периодические специализированные издания в отдельных регионах страны. Например, журнал «Лесная Жизнь и Хозяйство», учрежденный Тамбовским управлением земледелия и государственных имуществ в 1911 г., пользовался популярностью в губерниях центральной части России [37]. В том же году в столице был создан журнал «Лес», который наряду с освещением наиболее общих вопросов лесного управления и хозяйства ставил перед собой задачу углубленного изучения лесного дела на севере страны [38].

В 1911 г. и ученые Киевского политехнического института предприняли попытку выпустить «Сельскохозяйственный Календарь» под редакцией профессора П.Р. Слезкина с целью удовлетворения спроса всех тех, кто был заинтересован «в научном, авторитетном, всестороннем и недорогом справочном издании карманного формата, касающемся теории и практики сельского хозяйства и лесоводства» [39].

Таким образом, быстрое социально-экономическое развитие страны в целом и лесного хозяйства в частности закономерно определило повышение потребности населения в получении знаний о передовых методах хозяйствования в лесах, что и обеспечивало количественный рост и качественное улучшение специализированных лесных изданий. Они выполняли важную роль в системе мер лесного ведомства по повышению общей культуры использования лесных богатств.

Библиографический список

1. Бейлин И. Г. Очерки истории лесных обществ дореволюционной России / И. Г. Бейлин. – М.: Гослесбумиздат, 1962. – С.27.
2. Статуты Высочайше утвержденного в 25 день февраля 1832 года Общества для поощрения Лесного Хозяйства // Лесной журнал. – 1833. – Ч.1. – Кн.1. – С. 1.
3. Статуты Высочайше утвержденного в 25 день февраля 1832 года Общества для поощрения Лесного Хозяйства // Лесной журнал. – 1833. – Ч.1. – Кн.1. – С. 5.
4. Отчет Общества для поощрения Лесного хозяйства от 25 февраля 1832 года до 25 февраля 1833 года // Лесной журнал. – 1833. – Ч. 1. – Кн. 1. – С. 23, 38-39.
5. Периодическая лесная печать в России в прежнее время // Лесной журнал. – 1881. – № 1. – С. 52.
6. Отчет Общества для поощрения Лесного хозяйства с 25 февраля 1836 года по 25 февраля 1837 года // Лесной журнал. – 1937. – № 4. – С. 5.
7. Рассуждение о необходимости охранения владельческих лесов от истребления и о пользе правильного лесного хозяйства // Лесной журнал. – 1833. – Ч. 1. – Кн. 1. – С. 52.
8. Финтельман О важности лесохозяйственных познаний для сельского хозяина / Финтельман // Лесной журнал. – 1835. – № 2. – С. 161-171.
9. Периодическая лесная печать в России в прежнее время ... – С. 53.
10. РГИА. – Ф. 91. Оп. 1. Д. 902. Л. 21.

11. Периодическая лесная печать в России в прежнее время ... – С. 55.
12. Арнольд Ф. К. История лесоводства в России, Франции и Германии / Ф. К. Арнольд. – СПб.: Издание А. Ф. Маркса, 1895. – С. 363.
13. Собичевский В. Т. Федор Карлович Арнольд / В.Т. Собичевский // Лесной журнал. – 1903. – № 3. – С. 349.
14. Бейлин И. Г. Указ. соч. – С. 44-45.
15. РГИА. – Ф.387. Оп.28. Д.1781. Л. 1-5.
16. Шелгунов Н. Заключение к заграничным письмам / Н. Шелгунов // Газета Лесоводства и Охоты. – 1859. – № 39. – С. 457.
17. РГИА. – Ф. 378. Оп. 2. Д. 22280. Л. 11,14,15,16.
18. На разные темы // Лесопромышленный вестник. – 1903. – № 49. – С. 913.
19. Шелгунов Н. Заключение к заграничным письмам ... – С. 457-458.
20. РГИА. – Ф. 378. Оп. 1. Д.501. Л. 3 – 10.
21. От редакции // Газета Лесоводства и Охоты. – 1859. – № 52. – С. 624.
22. От Ученого комитета Главного Управления Землеустройства и Земледелия // Сельское хозяйство и лесоводство. – 1908. – Ноябрь. – С. 3.
23. Периодическая лесная печать в России ... – С. 57.
24. Бейлин И.Г. Указ. соч. – С. 81-82.
25. Арнольд Ф.К. История лесоводства в России ... – С. 334.
26. Известия о деятельности Лесного общества // Лесной журнал. – 1873. – № 1. – С. 42-49.
27. Бейлин И.Г. Указ. соч. – С. 105.
28. Журнал «Русское лесное дело» // Лесной журнал. – 1892. – № 5. – С. 420.
29. Журнал «Русское лесное дело» // Лесной журнал. – 1892. – № 5. – С. 537.
30. Сельскохозяйственный журнал «Деревня» // Лесной журнал. – 1897. – № 1. – С. 340.
31. См.: К вопросу о хозяйственных разработках леса владельцами – помещиками // Лесопромышленный вестник. – 1903. – № 4. – С. 61-64.
32. Рубакин Н. Книжный поток / Н. Рубакин // Русская мысль. – 1903. – № 3.
33. Разные сообщения // Лесной журнал. – 1902. – № 6. – С.1406.
34. В СПбБурском Лесном обществе // Лесопромышленник. – 1911. – № 42. – С. 576.
35. От Ученого Комитета Главного Управления Землеустройства и Земледелия ... – С. 6.
36. От редакции // Лесопромышленник. – 1911. – № 1. – С. 1.
37. Подписка на 4-й год издания Тамбовского Управления Земледелия и Государственных Имуществ «Лесная Жизнь и Хозяйство» // Лесопромышленный вестник. – 1915. – № 1. – С. 11.
38. Ежемесячный иллюстрированный журнал «Лес» // Там же.
39. Сельскохозяйственный календарь. – Киев, 1911. – С. 1.

АННОТАЦИИ / ABSTRACT

Степаненко И.И. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ СОСНЫ В РАЗНЫХ ТИПАХ ЛЕСА.

В статье представлены результаты исследования влияния азотных удобрений и климатических факторов на динамику радиального прироста сосны обыкновенной – *Pinus sylvestris*. Определен характер изменений радиального прироста сосны в зависимости от дозы удобрений, типов леса и климатических факторов.

Stepanenko I.I. CLIMATIC FACTORS AND EFFECTIVENESS OF THE NITROGEN FERTILIZERS ON THE PINE RADIAL INCREMENT IN DIFFERENT FOREST TYPES.

The results of the exploration of influence of nitrogen fertilizers and climatic factors on the dynamics of the radial increment of scotch pine – *Pinus sylvestris* are reported in this article. The type of changers in radial increment depending on the dose of the fertilizers, forest types and climatic factors was identified.

Автухович И.Е. РОЛЬ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ В ПОВЫШЕНИИ ФИТОЭКСТРАКЦИИ СВИНЦА ДРЕВЕСНЫМИ РАСТЕНИЯМИ ИЗ ВОДНОГО РАСТВОРА.

Целью работы явилось сравнительное изучение влияния различных органических кислот (ЭДТА – этилендиаминтетрауксусной, лимонной и щавелевой кислот) на повышение поглощения и выноса свинца сеянцами лиственницы сибирской из водного раствора. На основании проведенных исследований выявлено, что препарат ЭДТА является наиболее эффективным индуктором этого процесса.

The aim of experiment is comparative study of influence of the organic acids (EDTA – ethylenediaminetetraacetic, citric and oxalic acids) on the uptaking of Pb and its removal from water solution by seedlings of Larch tree. On the basis of carried out investigations established that EDTA is the most effective inductor of this process.

Степаненко И.И. ДИНАМИКА РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА И НЕКОТОРЫХ ЕГО АНАТОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОДНОКРАТНОГО ВНЕСЕНИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ В СОСНЯК БРУСНИЧНЫЙ.

В статье изложены результаты исследования влияния однократного внесения азотных удобрений в разных дозах на динамику радиального прироста и анатомическое строение древесины сосны обыкновенной – *Pinus sylvestris* в сосняке брусничном. Выявлена зависимость динамики радиального прироста, содержания поздней древесины в годичных слоях, размеров трахеид от доз азотных удобрений. Установлено положительное влияние азотных удобрений на радиальный прирост и строение древесины сосны в изучаемом типе леса.

Stepanenko I.I. THE DYNAMICS OF THE RADIAL INCREMENT AND SOME WOOD ANATOMIC STRUCTURE AS A RESULT OF SINGLE APPLICATION THE NITROGEN FERTILIZERS INTO THE PINETUM VACCINIOSUM.

The results of the exploration of influence of the single application the nitrogen fertilizers in different doses on the dynamics of the radial growth and wood anatomic structure of the scotch pine – *Pinus sylvestris* in the Pinetum vacciniosum are reported in this article. The dependence of radial increment, autumn timber percentage in the annual rings and traheids' sizes from the nitrogen fertilizers doses was identified. The positive influence of the nitrogen fertilizers on the radial increment and pine anatomic structure in the given type of forest was fixed.

Манвелидзе З.К. ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ СУБАЛЬПИЙСКИХ БУКНЯКОВ АРСИАНСКОГО ХРЕБТА АДЖАРСКОЙ АР (БАТУМСКИЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД АН ГРУЗИИ).

Рассматриваются закономерности изменения основных показателей биоразнообразия субальпийских букняков Арсианского хребта в условиях антропогенных воздействий разной интенсивности. Установлено, что огораживание и охрана лесных участков от рубок, пастьбы скота и рекреационных нагрузок за 25-летний период способствует началу процессов восстановления основных физических и агрохимических свойств почв, лесовозобновления и видового состава живого напочвенного покрова.

Шаяхметов И.Ф., Кулагин А.Ю. ЕСТЕСТВЕННОЕ ПОДПОЛОГОВОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ И ВЫСОТНО-ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА ПОДРОСТА ИЛЬМА ГОРНОГО (*ULMUS GLABRA* HUDS.) В ВОДООХРАННО-ЗАЩИТНЫХ ЛЕСАХ ПАВЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (Р. УФА).

Изучено естественное возобновление ильма горного в различных лесорастительных условиях. Установлено, что успешное возобновление ильма в районе исследования приурочено к положительным элементам рельефа (широкие и узкие плато). Анализ высотно-возрастной структуры подроста ильма позволил выделить три периода. Выделенные периоды характеризуются различной интенсивностью роста и степенью накопления подроста ильма под пологом основного древостоя.

Shayakhmetov I.F., Kulagin A.Yu. ELM ROUGH (*ULMUS GLABRA* HUDS.) LODGEDPLANTS NATURAL UNDERSTORY RENEWAL AND HEIGHT-AGE STRUCTURE IN PAVLOVKA RESERVOIR WATER-PROTECTIVE FORESTS (UFA RIVER).

Elm rough (*Ulmus glabra* Huds.) lodgedplants natural understory renewal and height-age structure researches results in connection with forest typology feature in research area (Ufa plateau) are given. First time the anatomic analysis method was applied for height-age structure analysis realization on elm lodgedplants example, which allowed precisely determine calendar age and linear apical (height) growth. It is established, that linden successful renewal is dated for positive relief elements. In turn the elm lodgedplants height-age structure analysis allowed to distinguish three periods in linear apical (height) growth intensity and linden lodgedplants number.

Мельник П.Г., Карасёв Н.Н. РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТРОДУКЦИИ ЛИСТВЕННИЦЫ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЕ ПОДМОСКОВЬЕ.

Приведены результаты интродукции 6 видов лиственницы (*decidua*, *Sukaczewi*, *sibirica*, *gmelinii*, *ochotensis*, *olgensis*) в Северо-Восточное Подмосковье. В спелом возрасте лучшие результаты по продуктивности достигает лиственница европейская, она формирует насаждения с запасом стволовой древесины 551...1308 м³/га и обладает высокой устойчивостью. Хорошие результаты в испытательных посадках дает также лиственница Сукачёва и сибирская, в ареале их произрастания возможен поиск продуктивных популяций. Лиственница Гмелина и охотская менее предпочтительны в культурах, заслуживают внимания лишь провениенции из области интрогрессивной гибридизации. Нецелесообразно выращивать лиственницу ольгинскую, несмотря на хороший рост в молодом возрасте, по сравнению с лиственницей сибирской, она оказалась неустойчивой к засухе.

Melnik P.G., Karasyov N.N. THE RESULTS OF LARCH INTRODUCTION TO THE NORTH-EAST OF THE MOSCOW REGION.

There are the results of 6 species of larch introduction (*decidua*, *Sukaczewi*, *sibirica*, *gmelinii*, *ochotensis*, *olgensis*) to the North-East of the Moscow region. European larch shows the

best productivity results at the age of decline; it forms high-volume stands of 551...1308 m³/ha and has high stability. Sukachev larch and Siberian larch give good results in test planting; productive populations can be found in the area of these species. Dahurian larch and *Larix ochotensis* are less preferable among cultures, attention should be paid just to provenience from introgressive hybridization. Although *Larix olgensis* has a good growth at young age, it seems unprofitable to grow this species because it is unstable to dry in comparison with Siberian larch.

Нахаев З.Н. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПТИМАЛЬНОГО ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ.

В статье рассмотрены вопросы эволюции биосферы, включая баланс между ресурсными возможностями её и хозяйственной деятельностью общества.

Архипова Т.Н., Кулагин А.А. ВЛИЯНИЕ ЦИТОКИНИНОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО (*Populus balsamifera* L.) К ТОКСИЧЕСКОМУ ДЕЙСТВИЮ ИОНОВ СВИНЦА (ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ).

Изучали влияние хлорида свинца на рост листьев и корней тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) при добавлении его в питательную среду и обработки листьев препаратом синтетического цитокинина 6-бензиламинопурина. Показано, что присутствие токсичных ионов подавляло рост листьев и корней растений, снижало их способность поглощать воду и приводило к появлению хлороза листьев. Обработка растений препаратом цитокининов, не снижая подавляющего действия ионов свинца на образование корней, не ослабляло их ингибирующего действия на рост листьев и способность растений поглощать воду, почти полностью предотвращая появление хлороза. Обсуждается перспективность использования цитокининов для повышения устойчивости древесных растений к ионам тяжелых металлов и эффективность их использования для фитомелиорации.

Arkhipova T.N., Kulagin A.A. EFFECT OF CYTOKININS ON POPULUS BALSAMIFERA L. TOLERANCE IN RELATION TO TOXIC Pb²⁺ IONS.

Effect of PbCl₂ on leaf and root growth of *Populus balsamifera* L. was investigated. Pb²⁺ was added to nutrient medium and leaves were applied with 6-BAP. It was shown that presence of toxic ions inhibited leaf and root growth, decreased water uptake ability and resulted in chlorosis of leaves. Applied cytokinins increased tolerance to toxic Pb²⁺ ions. It was proved by enhanced leaf growth and absence of leaf chlorosis. Application by cytokinins increased water uptake. However root hasn't been affected by external phytohormones. Perspective of cytokinins application for increase of tree tolerance to heavy metals and for phytomelioration is discussed.

Пищик И.И. ДАТИРОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ И ЕГО ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ.

В статье рассказывается о неизвестном ранее цикличном изменении свойств древесины при длительных сроках ее эксплуатации.

Выявленные закономерности позволили разработать новую методику датирования художественных ценностей и памятников из древесины и предложить новую концепцию их реставрации.

The article gives information about unknown before change cycle of timber properties during long operation time.

The revealed links allowed to work out a new method of ancient wooden monuments dating and to suggest a new conception of their restoration.

Платонов А.Д., Курьянова Т.К. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛАГОПРОВОДНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ПОСЛЕ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ.

Рассмотрено влияние предварительной химической обработки на коэффициент влагопроводности и структуру проводящих анатомических элементов древесины.

Platonov A.D., Kuryanova T.K. RESEARCH ON THE HYDRAULIC CONDUCTIVITY OF WOOD AFTER THE CHEMICAL TREATMENT.

In the following paper there was examined the effect of preliminary chemical processing on the hydraulic conductivity coefficient and on the structure of conductive anatomic wood elements.

Платонов А.Д., Курьянова Т.К. КАЧЕСТВО СУШКИ ТВЕРДЫХ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД ПОСЛЕ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ.

Рассмотрено влияние предварительной химической обработки на механизм процесса конвективной сушки и характер развития внутренних напряжений в древесине.

Platonov A.D., Kuryanova T.K. THE QUALITY OF DRYING HARDWOOD AFTER CHEMICAL PRETREATMENT.

The effect of chemical pretreatment on mechanism of convection drying and the character of internal stress development in wood have been examined.

Амелин Я.А. ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРОКОВ В ЕЛОВЫХ ОБРЕЗНЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛАХ ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ КОМЛЕВЫХ БРЕВЕН.

Исследовалось распределение пороков в еловых обрезных пиломатериалах полученных из комлевых бревен насаждений северо-востока Московской области. Определены суммарные площади пороков для исследуемых пиломатериалов и процентное содержание пороков, как для целых досок, так и для их участков. Также дана оценка потерь древесины при вырезке пороков.

Amelin Y.A. RESEARCHING OF SPRUCE SQUARE EDGED TIMBER DEFECTS IN BUTT LOGS.

Distribution of defects in spruce square edged timber received of butt logs of plantings of northeast of the Moscow area was researched. The total areas of defects for researched square edged timber and percentage of defects, both for the whole boards, and for their sites are determined. Also the estimation of losses of wood is given at a cutting of defects.

Серков Б.Б., Сивенков А.Б., Тхань Б.Д., Асеева Р.М. ТЕРМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ТРОПИЧЕСКИХ ПОРОД.

Методами термического анализа (ТГ, ДТГ, ДСК, динамики выделения горючих газов) изучены закономерности термического разложения 5 образцов лиственных и хвойных пород древесины Вьетнама. Определены эффективные кинетические параметры, а также формальный механизм отдельных стадий разложения древесины при нагревании в азоте и атмосфере воздуха в температурном интервале 150– 500 °С.

Sivenkov A.B., Bui Dinh Thanh, Serkov B.B., Aseeva R.M. THERMAL DECOMPOSITION OF SOME TROPICAL WOOD SPECIES.

The regularities of thermal and thermal oxidative decomposition for 5 samples of conifer and foliate wood species from Viet-Nam have been studied by the thermal analysis methods (TG, DTG, DSC, dynamics of fuel gas generation). The effective kinetic parameters and also formal mechanism for the various steps of the decomposition of wood at heating in nitrogen and air flow in the range of 150 – 500 °С have been determined.

Неклюдов А.Д., Иванкин А.Н. КОНСЕРВАЦИЯ ДРЕВЕСИНЫ – ОДИН ИЗ МЕТОДОВ СОХРАНЕНИЯ ЛЕСНОГО БОГАТСТВА СТРАНЫ.

Представлен обзор литературных данных, опубликованных за последнее десятилетие, посвященных использованию природных и химических консервантов для сохранения древесины и изделий из нее. Показана перспективность применения металлоидных консервантов для увеличения сроков службы древесины.

Neklyudov A.D., Ivankin A.N. TREATMENT OF A WOOD – ONE OF METHODS OF PRESERVATION OF FOREST RICHES OF COUNTRY.

Review of literary data, published for the last decade, devoted to use of natural and chemical preservation substances for preservation of a wood and products from it is submitted. Is shown the perspective of application of Metal containing substances for the increase of service life of a wood.

Стородубцева Т.Н ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДРЕВЕСНОСТЕКЛОВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА В ИЗДЕЛИЯХ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА.

Применение древесностекловолокнутого композитного материала в изделиях транспортного строительства

Storodubtzeva T.N. TECHNICAL EFFICIENCY OF WOOD – BASE FIBREGLASS FURNISH MATERIALS IN TRANSPORT CONSTRUCTION ITEMS.

The application of wood – base fibreqlass furnish materials in transport construction items.

Савельев В.В. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НЕЖЕСТКОГО ТИПА.

Изложены методика определения расчетных параметров подвижной нагрузки, алгоритм расчета дорожных одежд нежесткого типа на прочность и морозоустойчивость, описание структуры подсистемы автоматизированного проектирования нежестких дорожных одежд. Приведены результаты автоматизированного расчета дорожной одежды переходного типа.

Saveljev V.V. DESIGN AUGMENTED BY COMPUTER OF ROAD CLOTHES OF A NON-RIGID TYPE.

Are set up a technique of definition of computational parameters of mobile load, algorithm of calculation of road clothes of a non-rigid type on strength and frost resistance, description of frame of the subsystem of design augmented by computer of non-rigid road clothes. The outcomes of the automated calculation of road clothes of a passage type are adduced.

Смирнов М.Ю. МЕТОДИКА ВЫБОРА СПОСОБА РАЗМЕЩЕНИЯ ДЛИННОМЕРНЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ НА АВТОПОЕЗДЕ.

Приведена методика моделирования параметров деревьев на лесосеке, формирования из них средней пачки хлыстов, определения параметров средней пачки и коэффициентов уравнения ее грузовой линии, выбора способа загрузки автопоезда и расчета параметров размещения лесоматериалов на его кониках.

Smirnov M.U. METHODS OF CHOICE OF THE MODE LONG TIMBER LOCATION ON A CAR TRAIN.

Methods of wood parameter modeling within a timberland and making common whip pack are given as well as definition of the common park parameters and coefficients regression of its cargo line, choice of loading of a car train and accounting of parameter placing of timber on its bunks.

Булдаков С.И., Чижов А.А. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПОЛОСЫ ОТВОДА НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ.

Рассматриваются факторы, влияющие на ширину полосы отвода автомобильных дорог, а также сравнительный анализ влияния типа поперечного профиля земляного полотна, приводится статистический анализ ширины полосы отвода в Уральском федеральном округе.

Buldakov S.I., Chizhoff A.A. THE PARTICULARITIES TO ORGANIZATIONS OF STRIP THE TAP THE CAR ROADS.

There are introduces factors conditions influencing on the width of strips the tap of the car roads and the analysis the width of strips the tap in Ural federal county.

Левушкин Д.М. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ КОМПОНОВОК СИСТЕМ МАШИН ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ.

В статье рассмотрена необходимость оптимизации структуры системы машин для строительства лесовозной дороги. Приведен пример структуры парка машин строительной организации и возможность формирования специализированных систем машин для выполнения отдельных видов дорожно-строительных работ.

Levushkin D.M. CHOICE OF OPTIMUM CONFIGURATIONS OF SYSTEMS OF MACHINES FOR CONSTRUCTION OF ROADS FOR DELIVERY OF A WOOD.

In article necessity of optimization of structure of system of machines for construction of road for delivery of a wood is considered. The example of structure of park of machines of the building organization and an opportunity of formation of the specialized systems of machines for performance of separate kinds of road-building works is given.

Макуев В.А. ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ ЗАДАЧИ ПО ОПТИМАЛЬНОМУ РАСЧЕТУ ПАРКА ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН.

Описываются целевые функции при решении частных случаев задачи по оптимальному расчету парка машин: задача оптимального пополнения парка машин; задача распределения имеющейся в парке техники; задача расчета оптимальной структуры парка машин.

Makuev V.A. SOME PARTICULAR CASES OF EFFICIENT SELECTION OF LOGGER'S FLEET.

This article deals with describing the aims of some particular cases of efficient selection of logger's fleet, such as: full replenishment of the logger's fleet; distribution of the equipment, existing at the fleet; calculation of the efficient structure of the logger's fleet.

Скрыпников А.В. РАБОТА ПОКРЫТИЙ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОДОРОГ ПОД НАГРУЗКОЙ В ПРОЦЕССЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ.

Разработаны модели транспортно-эксплуатационных показателей, которые позволяют выявить наиболее значимые факторы и свойства асфальтобетона, оказывающие влияние на работу покрытий под нагрузкой и на формирование эксплуатационных, деформационных и прочностных характеристик, определяющих долговечность и длительную работоспособность асфальтобетонных покрытий.

Skripnikov A.V. THE MAINTENANCE OF THE LOADED AUTOMOBILE FOREST ROADS COVERINGS IN THE PROCESS OF PROTRACTED EXPLOITATION.

The models of transport-exploitation exponents revealing the most meaningful factors and qualities of asphalt-concrete are demonstrated. The influence of the loaded coverings maintenance characteristics, providing durability and protracted efficiency of asphalt-concrete roads is explored.

Рябова О.В., Скрыпников А.В. ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЫБРОСОВ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА ПРИДОРОЖНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ.

Проведенные исследования на четырех створах АД «Дон» на расстоянии до 200 м от полотна дороги показали, что зона усыхания лесов от магистрали «Дон» составляет полосу шириной не менее 50 м по обе стороны магистрали, на которой лес имеет явные признаки повреждения. Обнаружен порог токсического воздействия на лес от автотранспорта, который по взвесям составляет величину порядка 120 мг л⁻¹ снеговой воды.

Rabova O.V. THE INFLUENCE OF AUTOMOBILE TRANSPORT EMISSIONS ON THE ROADSIDE ECOSYSTEMS.

The investigations of the automobile road «Don» are passed. The forest zone, existing along the road has the evident signs of the damage. The toxic influence of the automobile transport are discovered.

Васильев В.С., Васильева Т.В. К ВОПРОСУ О ВЗАИМОСВЯЗИ НЕТАРИФНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВНЕШНЕЙ ТОРГОВЛИ И КРЕДИТНО-ДЕНЕЖНОЙ ПОЛИТИКИ.

В статье рассматриваются некоторые аспекты нетарифного регулирования и необходимости ее координации с кредитно-денежной политикой.

Vasilyev V.S., Vasilyeva T.V. THE PROBLEMS OF CORRELATION BY NON-TARIFF REGULATION OF FOREIGN TRADE AND MONETARY POLICY.

The article provides some aspects of non-tariff regulation and necessity its coordination with monetary policy.

Чернякевич Л.М. К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ НАЛОГОВЫХ РЕЖИМОВ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ.

Рассмотрено влияние налоговых режимов лесопользователей на аукционные цены на древесину, отпускаемую на корню. Предложен налоговый режим для лесохозяйственных организаций.

Фролов С.В. ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В РЫНОЧНОЙ СРЕДЕ.

Актуальность данной статьи определяется неэффективной деятельностью многих лесопромышленных предприятий, что, не в последнюю очередь, вызвано неумением многих руководителей правильно позиционировать свое предприятие в рыночной среде. Автор раскрывает проблемы, связанные с позиционированием лесопромышленного предприятия и приводит конкретные рекомендации по данному вопросу.

Корректное позиционирование предприятия требует проведения сегментации рынка, а затем, с учетом конкурентных преимуществ, вывода его на тот или иной рыночный сегмент. Подобные вопросы требуют маркетинговых исследований и анализа потенциала предприятия, что также освещаются в статье.

Frolov S.V. POSITIONING OF A TIMBER ENTERPRISE IN MARKET ENVIRONMENT.

The importance of this article for current activity of many timber enterprises is determined by their inefficiency in activity. As a rule managers of these enterprises are not able to place them correctly in a chosen segment of the market.

The author of this article gives some recommendations how to do that. To achieve all these things the managers are required to do the correct evaluation of the competitive abilities of the enterprise, market researches and analysis of its potential.

Курзин П.А., Курзина В.М. ОЦЕНКИ ОПТИМАЛЬНОСТИ РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ.

Рассматриваются вопросы корректного применения методов вычисления оценок оптимальности решения транспортной задачи

Kurzin P., Kurzina V. TRANSPORT PROBLEM OPTIMUM SOLUTION ESTIMATIONS.

The matters of correct application of transport problem optimum solution estimations calculating methods are considered

Сушков С.И. ПРОГНОЗНО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В СИСТЕМЕ АНАЛИЗА РАЗВИТИЯ СУХОПУТНОГО ЛЕСОВОЗНОГО ТРАНСПОРТА.

В статье рассмотрена перспектива развития сухопутного транспорта леса с использованием экономико-экономических методов оптимизации.

Артемьев П.В. МЕТОДЫ УСТАНОВЛЕНИЯ СТАРТОВЫХ ЦЕН НА ДРЕВЕСИНУ НА КОРНЮ ПРИ АУКЦИОННЫХ ПРОДАЖАХ.

В статье описаны методы определения стартовой цены древесины на корню. Подробно рассмотрен метод моделирования аукционных цен. Предложена методика расчета стартовой аукционной цены

Рассмотрены условия, при которых тот или иной метод оценки лесной ренты обеспечивает больший доход для продавца ресурса.

Курзин П. А., Курзина В. М. ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ О ПРОГНОЗИРОВАНИИ СТОИМОСТИ УСЛУГ.

Рассматриваются вопросы корректности применения методов оптимизации в задачах экономического прогнозирования

Kurzin P., Kurzina V. OPTIMIZATION OF SERVICE COST PROGNOSTICATING PROBLEM.

The matters of correct optimization methods application to solving economic forecasting problems are considered

Сафин Р.Р., Валеев И.А., Сафин Р.Г. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПИРОЛИЗА ДРЕВЕСИНЫ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ ДАВЛЕНИЯ СРЕДЫ.

Разработана математическая модель процесса пиролиза древесины, учитывающая предварительную подсушку, кинетику, количество выхода летучих продуктов и охлаждение готового древесного угля.

Safin R.R., Valeev I.A., Safin R.G. MATHEMATICAL MODELING OF WOOD PEROLIZ PROCESS FOR REGULATION THE PRESSURE OF ENVIRONMENT.

Mathematical modeling of wood peroliz process is worked out. This model considers pre-drying, kinetics, the amount of volatile output products, and cooling of ready charcoal.

Шереметьев К.П., Чернышин П.В. СЕМАНТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ОБЪЕМОВ ИНФОРМАЦИИ.

Описаны виды и методы хранения информации. В рамках данного описания предложены более адекватные расчеты количества информации. Приведены методы учета объемов хранимой информации в зависимости от ее вида.

Sheremetev K.P., Chernyshin P.V. THE SEMANTIC APPROACH TO AN ESTIMATION OF VOLUMES OF THE INFORMATION.

Article describes types and methods of storing the information. Within the framework of this description authors offer more adequate information quantity calculations. Also given methods of the stored information size calculation depending on its type.

Унчиков В.Т. О ДИСКРЕТНОМ МЕТОДЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУНКЦИЙ.

Излагается метод преобразования функций на примере логарифмической с доказательством соответствующей теоремы.

The work gives an account of a method of functions' transformation by the example of the logarithmic function with a proof of the theorem.

Ключников Л.Ю. ЛЕСНЫЕ ПРОМЫСЛЫ ДРЕВНЕЙ РУСИ.

С 10 века основными продуктами лесных промыслов были меха пушных зверей, мед и воск. Эти товары использовали для внутреннего потребления и в торговле с Западом и Востоком. Собираение грибов, плодов, ягод, орехов являлось важным источником питания для населения. В 16 веке производили обширную торговлю, к отпускаемым за границу товарам добавились лес, зола, смола.

Kluchnikov L.U. FOREST BUSINESS IN THE ANCIENT RUSSIA.

Beginning from the 10th century the main products of the forest business were fur of the wild (forest) animals, honey and wax. These articles were used both for internal consumption and for export to Western and Eastern countries. Mushrooms, fruits, berries, nuts gathering was very important food source for inhabitants. In the 16th century the trade was extensively developed. Such products as wood, ash, resin have been also introduced into export.

Рыбалкин А.И. ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ЛЕСНАЯ ПЕЧАТЬ В ДОРЕВОЛЮЦИОННОЙ РОССИИ.

Статья посвящена истории становления лесной периодической печати в России. Основное внимание в ней уделяется прежде всего этапам, проблемам и совершенствованию издания «Лесного журнала». Кроме того, здесь исследуются предпосылки появления таких периодических изданий как «Сельское хозяйство и лесоводство», «Русское лесное дело», «Лесопромышленный вестник», «Лесная жизнь и хозяйство», которые играли важную роль в процессе популяризации и распространения лесоводческих знаний.

Статья адресована научным работникам и студентам.

The article is devoted to the history of the forestry periodicals in Russia. Stages, problems, improvement of the "Forest journal" are in the focus. Preconditions of such periodical editions as «Agriculture and Forestry», «Russian Forestry», «Forest Industry Bulletin», «Forest life and Economy», which played an important part in the process of forest Knowledge popularization and spreading are studied.

The Article is intended for scientists, students and all those interested in the history of Russia.