

# СОДЕРЖАНИЕ

## Лесное хозяйство. Экология

Зайцева М.И., Робонен Е.В., Чернобровкина Н.П.	<i>Использование порубочных остатков для приготовления торфяных субстратов при выращивании сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой</i> .....	4
Шуляковская Т.А., Репин А.В., Шредерс С.М.	<i>Влияние подкормок азотом на развитие саженцев березы повислой и карельской березы</i> .....	9
Теплых А.А.	<i>Размерная структура слоевищ лишайника <i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) Zopf в сосняке зеленомошном</i> .....	14
Сухоруков А.С.	<i>Успешность роста и состояния сосны в смешанных культурах</i> .....	17
Лукьянец А.Г.	<i>О методическом подходе к оценке типов парковых насаждений</i> .....	21
Максименко М.Ф.	<i>К вопросу реставрации исторических цветников XVIII в. в русских садах и парках</i> .....	25
Кругляк В.В.	<i>Самые знаменитые объекты ландшафтного, дендрологического и садово-паркового строительства Центрально-Черноземных областей России</i> .....	31
Лукьянец А.Г., Теодоронский В.С.	<i>Влияние типов парковых насаждений на шумовой режим парка 50-летия Октября в г. Москве</i> .....	36
Алексеев А.С., Мельничук И.А., Трубачева Т.А., Пименов К.А., Крюковский А.С.	<i>Проблемы озеленения п. Никель Мурманской области</i> .....	41
Закамский В.А., Конюхова Т.А., Сахбиева Л.А.	<i>Основные этапы лесоводственно-рекреационной оценки лесной территории на экологических маршрутах Марийского заволжья</i> .....	48
Янников И.М., Козловская Н.В., Телегина М.В., Пупкова М.С.	<i>К вопросу о ремедиации территорий, загрязненных мышьякосодержащими соединениями</i> .....	53
Корпачев В.П., Пережилин А.И., Корпачев К.И.	<i>Прогноз засорения древесной массой проектируемого водохранилища Мотыгинской ГЭС на р. Ангара</i> .....	60
Черкашина М.В.	<i>Деградация и демутиация растений различных биоморф на участках нефтяного загрязнения</i> .....	64
<b>Лесоинженерное дело</b>		
Заикин А.Н.	<i>Математическое моделирование режимов работы лесосечных машин и анализ изменения объемов оперативных запасов</i> .....	69
Ширнин Ю.А., Роженцова Н.И.	<i>Использование ГИС при проектировании лесосечных работ</i> .....	76
Макуев В.А.	<i>Определение потребности лесосечных машин в обслуживании</i> .....	80
Макуев В.А.	<i>Критерии формирования парка лесосечных машин</i> .....	82
Бондарев Б.А., Поветкин С.В., Бабкин И.В.	<i>Трещиностойкость элементов конструкций лесовозных железных дорог из композиционных материалов</i> .....	85
Питухин А.В., Скобцов И.Г., Хвоин Д.А.	<i>Исследование влияния технологических дефектов на прочность защитного каркаса кабины колесного трелевочного трактора</i> .....	89
Павлов А.И., Вдовин С.Л.	<i>Обоснование параметров аварийного отсекающего клапана гидросистем лесных машин</i> .....	92

Руденко И.И.	<i>Работоспособность форсунок дизелей на биотопливе</i> .....	98
<b>Право</b>		
Майорова Е.И., Мхитарян В.А.	<i>Лесные дороги – комплексный поединститут лесного права</i> .....	101
<b>Деревообработка. Химические технологии</b>		
Кольниченко Г.И., Сиротов А.В., Тарлаков Я.В.	<i>Жидкое биотопливо: проблемы и перспективы создания и использования</i> .....	105
Сидоров В.И., Котенева И.В., Котлярова И.А., Ермачкова Н.А.	<i>Адгезия древесины, модифицированной эфирами борной кислоты</i> .....	108
Пошарников Ф.В., Филичкина М.В.	<i>Анализ структуры смеси для опилкобетона на основании многофакторного планирования эксперимента</i> .....	111
Серков Б.Б., Сивенков А.Б., Дегтярев Р.В., Тарасов Н.И.	<i>Термоокислительное разложение древесины различного эксплуатационного возраста</i> .....	115
Данков А.С.	<i>Исследование способности древесины дуба к гнущю в зависимости от различных температурно-влажностных условий</i> .....	125
Рыбин Б.М., Завражнова И.А.	<i>К вопросу оценки качества внешнего вида поверхностей защитно-декоративных покрытий на изделиях мебели</i> .....	127
Зайцев Р.В.	<i>Выбор метода для оценки остаточного ресурса станка</i> .....	131
<b>Математическое моделирование</b>		
Наумов А.Н.	<i>Оценка бысродействия фотодиодов с встроенным электрическим полем для ВОЛС</i> .....	135
Иванов П.А.	<i>Оптоэлектронные датчики</i> .....	137
Беляев К.В.	<i>Основные свойства модели представления знаний о предметной области на основе согласованных онтологий</i> .....	140
Беляев К.В.	<i>Онтологическая модель представления знаний о предметной области в системе дистанционного обучения</i> .....	147
<b>Экономика</b>		
Клейнхоф И.А.	<i>Теоретические вопросы стратегического управления устойчивым развитием лесного сектора экономики</i> .....	154
Лучкина В.В.	<i>Современное состояние и прогнозы развития лесной сертификации в мире</i> .....	160
Тюрин А.Е.	<i>Методы организации капитальных вложений в лесопромышленном комплексе на различных этапах его развития</i> .....	162
Козлитина О.М.	<i>Оптимизация инвестиционных проектов на примере ОАО «Парфинский фанкомбинат»</i> .....	167
Козлитина О.М.	<i>Оценка экономической эффективности инвестиционной замены изношенных основных фондов</i> .....	169
Дашков А.А., Симановский Ф.И.	<i>Бизнес-модели мебельного рынка России</i> .....	171
Дашков А.А., Демидов Г.М.	<i>Формы ведения розничного мебельного бизнеса на примере локального рынка города Мытищи</i> .....	177
Симановский Ф.И.	<i>Классификация бизнес-моделей</i> .....	180
Григорян М.Г.	<i>Организационно-экономические предпосылки совершенствования методологии управления в период структурных изменений</i> .....	185

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРУБОЧНЫХ ОСТАТКОВ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ТОРФЯНЫХ СУБСТРАТОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ

М.И. ЗАЙЦЕВА, *каф. водоснабжения, водоотведения и гидравлики Петрозаводского ГУ,*  
Е.В. РОБОНЕН, *вед. физик Института леса КарНЦ РАН,*  
Н.П. ЧЕРНОБРОВКИНА, *доц., Институт леса КарНЦ РАН, д-р биол. наук*

*kfamily@onego.ru; chernobrovkina@krc.karelia.ru; e171@bk.ru*

Леса в Карелии занимают значительные территории и составляют сырьевую основу развития лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности. Лесопромышленное производство должно базироваться на комплексном использовании древесного сырья [1]. При рубке на лесосеке образуются отходы древесины – порубочные остатки. К ним относят сучья, ветви, вершины и обломки стволов деревьев. В большом количестве представлена древесная зелень лиственных пород – березы, ольхи, ивы, осины. При существующих способах переработки древесного сырья в России полезно используется около половины биомассы дерева. Основные потери приходятся на древесную зелень (лесосечные отходы) – 20–25 %, кору, опилки и стружки (отходы лесопиления) – 20–25 % от общей массы [2]. Способы очистки мест рубок выбирают в зависимости от лесорастительных условий, с учетом технологии лесозаготовительных и лесовосстановительных работ. В Карелии в настоящее время внедряются новые технологии, что позволяет сокращать количество древесных отходов, образующихся в процессе лесозаготовки.

Расчетная лесосека в целом по Республике Карелия составляет около 10 млн м<sup>3</sup>. Согласно Лесному плану Республики Карелия, разработанному на период с 2009 по 2018 гг., освоение технически доступной древесины будет производиться в объеме 9,9 млн м<sup>3</sup>, в том числе сплошнолесосечными рубками в эксплуатационных лесах 5,4 млн м<sup>3</sup>, выборочными рубками в защитных лесах – 2,5 млн м<sup>3</sup>, рубками ухода – 2,0 млн м<sup>3</sup> [3]. Это приведет к образованию значительного количества древесных отходов. Оставленные в лесу дре-

весные отходы являются источником возникновения лесных пожаров, способствуют размножению энтомофитов, провоцируют грибные заболевания, что может приводить к ослаблению и даже гибели насаждений на территории. В то же время порубочные остатки являются неиспользованным биоресурсом, проблема их утилизации требует решения. Одним из путей решения проблемы является их использование в комплексе с торфом и другими компонентами для приготовления субстратов, которые необходимы при выращивании сеянцев древесных растений.

Для постоянно действующих лесопитомников очень важен вопрос правильного восстановления и повышения плодородия почв. Внесение органических и минеральных удобрений и известкование почвы значительно ускоряет рост и развитие сеянцев [4]. Выращивание посадочного материала хвойных пород в теплицах, как правило, проводится на субстратах из верхнего слаборазложившегося торфа. Такой субстрат считается наиболее подходящим для выращивания сеянцев хвойных пород с закрытой корневой системой (ЗКС) [5]. Чрезмерная кислотность торфа сильно замедляет нитрификацию, растения страдают также и от недостатка кальция, магния и других элементов питания. Указанные особенности торфяного субстрата определяют необходимость его известкования и внесения комплексных удобрений [4]. Рациональная система удобрения должна предусматривать максимальное вовлечение всех местных сырьевых ресурсов. Проведенные ранее исследования по выращиванию сеянцев сосны обыкновенной с ЗКС показали, что использование плавленого фосфорно-магниевого удобрения (ПФМУ), полученного

на основе минерального сырья Карелии, в качестве основной заправки субстрата из верхового сфагнового торфа весьма эффективно на фоне внесения азотного и калийного удобрений [6]. Целесообразным является использование органических удобрений, являющихся и источником элементов питания и средообразующим компонентом.

Для повышения плодородия почв и приготовления тепличных субстратов рекомендуется вносить в соответствующих дозах местные удобрения с высоким содержанием органических веществ: навоз, птичий помет, торф, сапропель, компосты, приготовленные на основе этих удобрений, а также древесных отходов, осадков сточных вод, твердых бытовых отходов [7]. Неоднократно специалистами поднимался вопрос о более активном использовании органических удобрений в лесном хозяйстве. В работе Р.К. Салеева с соавторами было показано, что органическое удобрение на основе торфа с добавлением отходов животноводства значительно сказывается на росте хвои, корней и всего сеянца в целом, чем внесение полного минерального удобрения [8]. Доза и соотношение элементов питания в субстрате должны соответствовать требованиям вида, особенностям субстрата, условиям выращивания.

Качество сеянцев и саженцев характеризуется их высотой ( $H$ ), диаметром корневой шейки ( $d$ ), степенью заложения почки, степенью развития массы растения и соотношения их частей. При выращивании сеянцев с закрытой корневой системой использование соотношения надземной и подземной частей как показателя качества посадочного материала затруднено, поскольку рост корневой системы заведомо ограничен объемом ячейки. Различия в массе сеянцев объясняются в основном различиями в приросте надземной части. Масса каждого органа растения связана аллометрическими соотношениями с его линейными размерами, что позволяет для характеристики качества сеянцев ограничиться измерением линейных размеров. Рост и новообразование различных органов идет за счет усвоения и реализации элементов почвенного питания, перераспределения пластических веществ в

растении и использования запасных веществ семени. Последнее важно для сеянцев первого года. Рост гипокотыля, при благоприятных внешних условиях (температура, влажность, освещенность), обеспечивается запасными веществами семени. Его высота слабо связана или вовсе не связана с внешней обеспеченностью элементами питания, является величиной достаточно постоянной. От обеспеченности элементами питания в большей степени зависит длина части стволика сеянцев от окончания гипокотыля до верхушечной почки ( $h$ ) (охвоенная часть) и диаметр корневой шейки ( $d$ ). Именно эти параметры целесообразно рассматривать как показатели качества сеянцев при исследованиях режима питания.

В современных условиях требованиям ресурсосбережения отвечает комплексное использование и утилизация отходов, в частности, может оказаться эффективной технология приготовления субстратов с использованием порубочных остатков, осадков сточных вод и других компонентов для выращивания сеянцев хвойных пород с ЗКС. Использование древесных отходов, в отличие от отходов коммунального хозяйства, не связано с трудностями в плане выполнения санитарно-гигиенических требований. Проблема состоит в том, чтобы путем механической обработки и компостирования обеспечить определенную структуру материала.

Необходимо учитывать, что малообъемные технологии выращивания растений предъявляют повышенные требования к качеству питательного субстрата, его физико-химическим характеристикам. Это высокая влагоемкость, небольшая насыпная плотность, аэрируемость, буферность, высокая сорбционная способность. При выращивании сеянцев хвойных пород необходимо, чтобы субстрат обладал устойчивой структурой, которая в течение двух-трех лет не поддавалась бы существенно действию микробиологического разложения. Такими свойствами обладает верховой сфагновый торф [9]. Благодаря наличию большого количества крупных и мелких пор торфяной субстрат обеспечивает благоприятный для корней растений водно-воздушный режим. Исследования динами-

ки физических свойств тепличного грунта показывают, что грунт из верхового торфа в течение трех лет сохраняет структуру, рыхлое сложение [9]. Выбирая материалы для приготовления сложных субстратов на основе верхового сфагнового торфа, необходимо учитывать, что физико-химические свойства полученного продукта не должны при этом ухудшиться. Субстрат должен обеспечивать необходимый водно-воздушный и питательный режим корневой системы сеянцев.

Цель данной работы – изучение возможности использования порубочных остатков в качестве составной части субстрата для выращивания сеянцев хвойных пород с закрытой корневой системой.

Эксперименты по испытанию субстратов, приготовленных с использованием порубочных остатков, для выращивания посадочного материала хвойных пород с ЗКС, проводили на базе лесопитомнического комплекса Петрозаводского лесхоза в условиях защищенного грунта. Испытывали субстраты, составленные из верхового сфагнового торфа и переработанных древесных отходов. Сеянцы сосны обыкновенной с закрытой корневой системой выращивали в жестких пластмассовых кассетах типа *Plantek 121*. В экспериментах использовали древесные отходы, переработанные в лабораторных условиях. Для получения древесных отходов (древесной зелени) были выбраны: береза повислая (*Betula pendula* Roth), ольха серая (*Alnus incana* L.), ива козья (*Salix caprea* L.). Кроме того, в схему эксперимента включили травянистое растение – рогоз широколистный (*Typha latifolia* L.). Рогоз был выбран как растение, перспективное при проведении работ по очистке загрязненных земель. Рогоз является растением-биофильтром, эффективно поглощающим углеводороды нефти, ряд тяжелых металлов из загрязненной почвы и с ее поверхности [10]. При широком использовании растений-биофильтров неизбежно встанет проблема их утилизации.

Испытуемый растительный материал подвергали следующей предварительной обработке. В конце мая заготавливали облиственные побеги березы, ольхи и ивы, стебли с листьями рогоза. В целях сокращения време-

ни компостирования листья отделяли от побегов и стеблей, слегка смачивали водой, затем помещали в черные полиэтиленовые мешки и выдерживали в теплом помещении (температура 30–35 °С). Через неделю перепревшие листья измельчали с помощью дезинтегратора ручного типа. Ветки высушивали с помощью электросушилки «Суховой», измельчали на роторном лабораторном дезинтеграторе до стадии опилок с размером частиц не более 2 мм. Переработанные листья и ветки смешивали и вновь упаковывали в мешки на две недели. Материал упаковывали неплотно, так, чтобы он не пересыхал, но доступ воздуха сохранялся. Периодически производили перемешивание материала, обеспечивая аэрацию. Торф заправляли доломитовой мукой (2 г/литр). В последнюю декаду июня готовили субстрат из торфа с различным объемным процентным содержанием переработанной древесной зелени согласно схеме, представленной в таблице.

Вариант субстрата № 1 представлял собой чистый торф, заправленный доломитовой мукой. Этот вариант был принят в качестве контроля. Отсутствие основной заправки в нем компенсировалось подкормками, которые начали вносить после высева семян.

В конце июня кассеты, наполненные приготовленным субстратом и засеянные семенами сосны обыкновенной и ели европейской, выставляли в теплицу, где был обеспечен полив и подкормка жидкими удобрениями типа *Superex* согласно стандартной технологии выращивания.

Т а б л и ц а

**Схема приготовления субстрата из торфа и переработанной древесной зелени**

№ вар.	Древесная зелень		Торф	
	мл	% об.	мл	% об.
1	0	0,0	1000	100,0
2	63	6,5	938	93,5
3	125	12,3	875	87,7
4	188	18,7	813	81,3
5	250	24,8	750	75,2
6	313	31,0	688	69,0
7	375	37,5	625	62,5
8	438	43,8	563	56,2
9	500	50,0	500	50,0

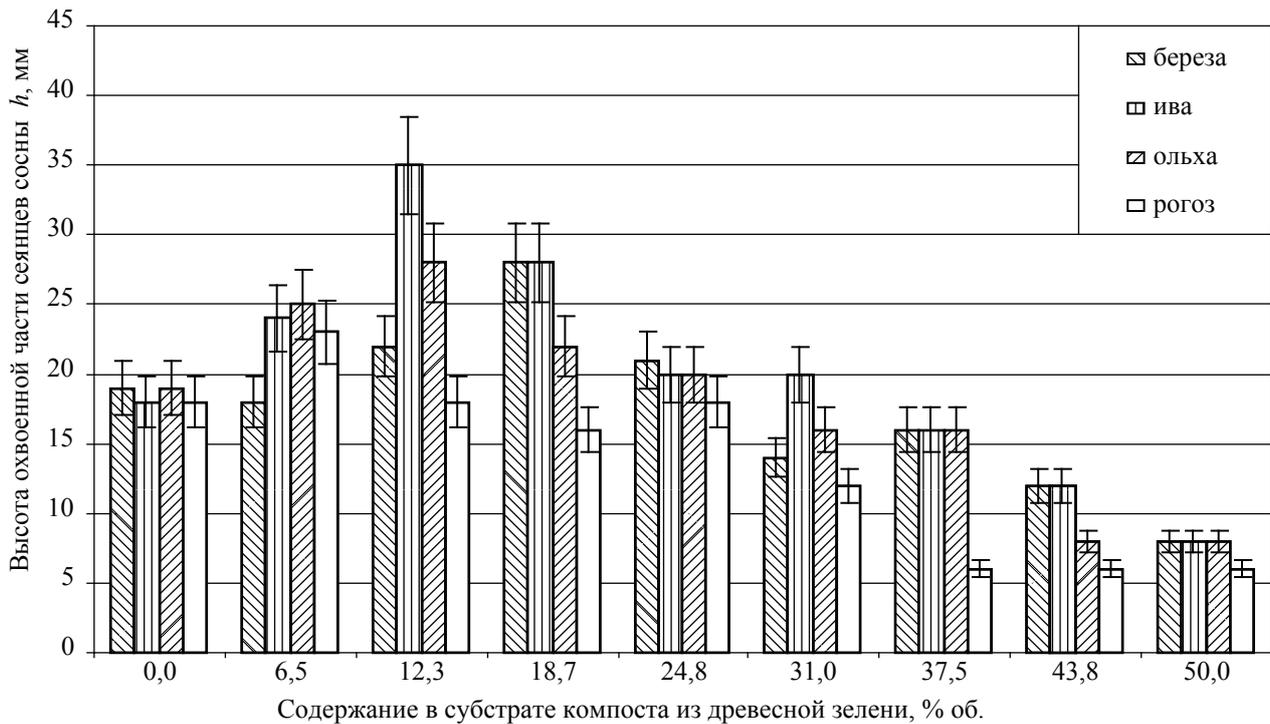


Рисунок. Влияние внесения в торфяной субстрат компоста из древесной зелени разных видов древесных растений и зеленой массы травянистых растений в различных дозах на высоту однолетних сеянцев сосны, выращенных в условиях закрытого грунта с ЗКС, мм

В начале сентября были измерены линейные размеры сеянцев ( $h$  и  $d$ ). В данной работе рассматриваются результаты по длине охвоенной части.

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета *Excel*.

Были проанализированы данные результатов трех независимых опытов, каждый из которых имел 10-кратную биологическую повторность. Представлены средние арифметические из  $n$  определений и их стандартные отклонения ( $n = 30$ ). Обсуждаются различия, достоверные при 95 %-м уровне значимости.

Результаты экспериментов представлены на диаграмме. Наибольший положительный эффект наблюдали от внесения переработанных листьев ивы в количестве 12,3 и 18,7 % об. Высота сеянцев в этих вариантах была больше, чем в контроле на 94 % и 56 % соответственно. При внесении в субстрат листьев березы в количестве 18,7 % об. или листьев ольхи в количестве 12,3 % высота сеянцев была на 40 % больше, чем в контроле.

Внесение в субстрат листьев любого из исследованных видов в количестве 24,8 % не дало положительного эффекта. Высота опытных сеянцев была примерно равна высоте

контрольных. При внесении в субстрат листьев в количестве 31,0 % и более наблюдается отрицательное влияние для всех исследованных видов, кроме ивы. При увеличении доли листьев в смеси до 50 % высота сеянцев составляла 30–40 % от контроля. Прежде всего это можно объяснить очевидным ухудшением водно-воздушных свойств субстрата. При большом содержании растительных добавок, очевидно, уменьшалась его водоудерживающая способность. Особенно это проявилось в варианте с рогозом, грубые листья которого в наименьшей степени успели разложиться в процессе трехнедельного компостирования в лабораторных условиях.

Возможно также влияние содержащихся в листьях биологически активных веществ, стимулирующих рост сеянцев в небольшом количестве, но в избыточном – ингибирующих его. Растительный материал заготавливали в период активной вегетации, что, видимо, способствовало поступлению из листьев в торфяной субстрат естественных регуляторов роста. Неслучайно наибольший положительный эффект получен при внесении древесной зелени быстрорастущего вида – ивы. Вряд ли можно предположить существенное поступ-

ление из древесной зелени в торф углеводов, так как известно, что у листопадных деревьев быстрее исчезают запасные углеводы после распускания почек и развития побегов.

В результате вегетационных опытов, проведенных в лесопитомнике в условиях защищенного грунта, было показано, что субстраты, приготовленные из местного сырья (торф, доломитовая мука) при добавлении некоторых видов отходов (древесная зелень), пригодны для выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой.

При ускоренном способе приготовления компоста из древесной зелени его объемная доля в субстрате не должна превышать 1/3 для отходов из ивы, 1/5 для отходов из ольхи и 1/7 для отходов из березы. Заготовленные побеги ивы, ольхи или березы достаточно компостировать в течение 2–3 недель, затем перерабатывать с помощью дезинтегратора и компостировать еще 2–3 недели, после чего смешивать с торфом. Торф для субстрата заправлять доломитовой мукой, 2 кг/м<sup>3</sup>. При проведении гидротермообработки растительного материала сроки приготовления компоста можно сократить.

Вопрос об использовании древесных отходов при выращивании сеянцев хвойных пород с ЗКС является актуальным в связи с необходимостью решения природоохранных, ресурсосберегающих задач.

Важным является также возможность сократить расходы по выращиванию посадочного материала. Результаты исследований показано, что использование компостов из древесной зелени в лесных питомниках позволит обеспечить выход стандартного посадочного материала и повысить его качество.

При использовании компоста из древесных отходов доза его внесения может достигать третьей части от общего объема субстрата. При этом диапазон дозирования достаточно широк, а значит, нет опасности передозировки.

Разработанный субстрат пригоден для выращивания сеянцев древесных растений в открытом грунте, а также для проведения работ по биологической рекультивации нарушенных земель, по озеленению населенных пунктов.

## Библиографический список

1. Шегельман, И.Р. Противоречия интеграционных процессов в лесопромышленном комплексе / И.Р. Шегельман, М.Н. Рудаков // *Материалы Всероссийской науч. конф. с международным участием (Петрозаводск 30.09–3.10.2009 г.) Лесные ресурсы таежной зоны России: проблемы лесопользования и лесовосстановления.* – Петрозаводск, 2009. – С. 27–29.
2. Степень, Р.А. Альтернативные пути рациональной переработки древесных отходов / Р.А. Степень, С.М. Репях // *Инновационный потенциал лесопромышленного комплекса Красноярского края : сб. докл. науч.-практ. конф.* – Лесосибирск, 2001. – С. 116–121.
3. Шарлаев, С.Э. Лесной план Республики Карелия: стратегия развития и использования лесов / С.Э. Шарлаев, В.В. Валдаев, Д.В. Макаров // *Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. Лесные ресурсы таежной зоны России: проблемы лесопользования и лесовосстановления.* (Петрозаводск 30.09–3.10.2009 г.). – Петрозаводск, 2009. – С. 10–13.
4. Левкина, Т.И. Влияние удобрений и мульчирования почвы на ее свойства и развитие сеянцев сосны в лесных питомниках Карелии / Т.И. Левкина // *Возобновление леса на вырубках и выращивание сеянцев в питомниках.* – Петрозаводск: Карельское книжное издательство. – 1964. – С. 179–202.
5. Жигунов, А.В. Посадочный материал с закрытой корневой системой / А.В. Жигунов // *Лесное хозяйство.* – 1998. – № 4. – С. 33.
6. Робонен, Е.В. Использование плавленого фосфорно-магниевого удобрения ПФМУ-2 при выращивании сеянцев хвойных пород с закрытой корневой системой / Е.В. Робонен, М.И. Зайцева, Н.П. Чернобровкина, Г.А. Лебедева и др. // *Вестник МГУЛ – Лесной вестник.* – 2006. – С. 34–38.
7. Рекомендации по применению местных удобрений и мелиорантов в лесных питомниках на дерново-подзолистых почвах / В.Н. Кураев и др. – М.: ВНИИЛМ, 2001. – С. 52–53.
8. Саляев, Р.К., Динамика роста и поступления азота и фосфора у однолетних сеянцев сосны, выращиваемых на различном агрофоне / Р.К. Саляев, З.А. Вересова, С.А. Дыренков // *Возобновление леса на вырубках и выращивание сеянцев в питомниках.* – Петрозаводск: Карельское книжное изд-во, 1964. – С. 224–235.
9. Кузнецова, Л.М. Изменение физико-химических свойств торфяного тепличного грунта в процессе его использования / Л.М. Кузнецова, Л.Н. Яковлева // *Тр. ВНИИТП.* – Вып. 51. – Л.: ВНИИТП. – 1983. – С. 68–73.
10. Ellis, J.B. The performance of vegetated biofilters for highway runoff control / J.B. Ellis – *Sci Total Environ.* – 1994. – С. 543–550.

## ВЛИЯНИЕ ПОДКОРМОК АЗОТОМ НА РАЗВИТИЕ САЖЕНЦЕВ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ И КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ

Т.А. ШУЛЯКОВСКАЯ, с. н. с. Института леса КарНЦ РАН, канд. биол. наук,  
А.В. РЕПИН, главный биолог Института леса КарНЦ РАН,  
С.М. ШРЕДЕРС, ведущий биолог Института леса КарНЦ РАН

sea@onego.ru

Азот является лимитирующим фактором роста и развития древесных растений [4]. Существует тесная взаимосвязь между скоростью обеспечения азотом и расходом его, с одной стороны, и скоростью роста – с другой. Сеянцы березы способны адаптировать скорость роста к низкому обеспечению азотом и имеют здоровый вид без симптомов дефицита элемента [5]. В работе на сеянцах березы повислой первого года жизни было показано, что накопление и распределение сухой массы и азота зависели от режима обеспечения питательными веществами [6].

Многое известно о влиянии наружного доступного азота на рост. Однако у деревьев, особенно листопадных, рост зависит не только от текущего снабжения азотом, но и от внутреннего азота ствола [7]. У многих древесных растений азот, ассимилированный из почвы, не утилизируется немедленно, а может запасаться для использования в следующий вегетационный период [4]. Экологическая важность такого запаса в том, чтобы обеспечивать рост при низкой внешней доступности элемента [8]. Значительная часть азота, используемая листовыми деревьями для роста листьев весной, происходит из мобилизации запасов азота, которые зимой находятся в форме специфических запасных белков в запасных вакуолях паренхимных клеток внутренних слоев коры и ксилемных лучей [7, 9, 10, 11]. Весной во время роста побегов белки распадаются на аминокислоты [11, 12]. Текущее снабжение азотом, однако, имеет решающее влияние на увеличение содержания азота в листьях весной и тканях древесины летом [13].

Целью данной работы было изучение влияния подкормок разными дозами азота на показатели азотного обмена и наращивание сухой массы 2–3-летних саженцев березы повислой и карельской березы, сравнение реак-

ции двух форм березы вида *Betula pendula* на внесение в почву азота.

Объектами исследования были 2–3-летние саженцы березы повислой *Betula pendula* var. *pendula* и карельской березы *B. pendula* var. *carelica* (Merclin) Ндмет Аhti. Это две формы одного вида *Betula pendula* Roth, которые различаются строением древесины: у березы повислой древесина прямослойная (нормальная), а у карельской березы свилеватая (аномальная). В нашей лаборатории идет поиск способов воздействия на условия выращивания сеянцев и саженцев карельской березы с целью получения в будущем максимальной узорчатости древесины, которая имеет большую ценность. Саженцы выращивались на экспериментальных участках Института леса Карельского научно-го центра в окрестностях г. Петрозаводска. Корневые подкормки проводили в течение 2006–2007 гг. с мая по август. На участке со средним уровнем азота вносили экофоску в количестве 5 г на м<sup>2</sup> каждые 10 дней, а на участке с высоким уровнем азота – экофоску и кроме того аммиачную селитру по 10 г на м<sup>2</sup>. В качестве контроля использовали саженцы того же возраста и происхождения, выращиваемые на таких же участках, но без подкормок на почве с низким уровнем азота. Двухлетние саженцы березы повислой и карельской березы выкапывали для анализов в конце апреля (период подготовки к росту), в начале июля (период активной камбиальной деятельности), а также в середине октября 2007 г. (глубокий покой), когда саженцы стали уже трехлетними. В начале вегетационного периода и по окончании проводили биометрические измерения и взвешивания саженцев по 5–7 штук в каждой группе, полученные данные обрабатывали статистически [1]. По 3 растения делили на органы: почки, листья, корни, кору и древесину стволика. Усреднен-

ные навески органов фиксировали в жидком азоте и высушивали в лиофильной сушилке. Общий и белковый азот в тканях определяли по методике [2]. Свободные аминокислоты экстрагировали из тканей горячей водой на водяной бане [3]. После фильтрования и упаривания остаток растворяли в цитрат-лигандном буфере (рН 2,2). Состав аминокислот и их содержание определяли с помощью автоматического аминокислотного анализатора ААА-339 (Чехословакия). Колонку для разделения свободных аминокислот заполняли ионообменной смолой в Li<sup>+</sup> форме. Перед пропусканием образцов проводили калибровку прибора, при которой разделяли стандартную смесь аминокислот, содержащую 2,5 микромоля каждой кислоты в 1 мл стандартного раствора. По полученным данным устанавливали время удерживания и площади пиков каждой аминокислоты. Из калибровочных анализов для отдельных аминокислот

рассчитывали среднюю (из трех измерений) площадь, приходящуюся на 1 наномоль, и получали коэффициенты для количественной оценки содержания аминокислот в опытных образцах. Площади пиков на опытных аминокислотных графиках делили на полученные коэффициенты и определяли количество каждой из кислот. Суммарное содержание аминокислот в образце вычисляли суммированием количеств отдельных аминокислот.

Как показали результаты исследований, удобрение азотом приводило к росту уровня белкового азота в органах саженцев, причем в некоторых случаях у карельской березы более существенно, чем у повислой. Так, весной и осенью в почках саженцев карельской березы заметней росло содержание белкового азота, летом больше возрастало количество белкового азота во всех органах у карельской березы, особенно заметно в коре и древесине (рис. 1).

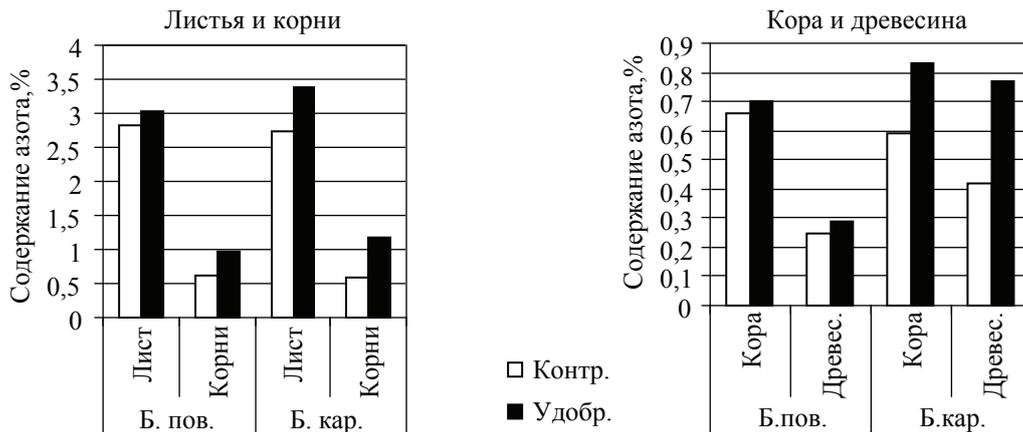


Рис. 1. Содержание белкового азота в органах 2-летних саженцев березы повислой и карельской березы при подкормках азотом

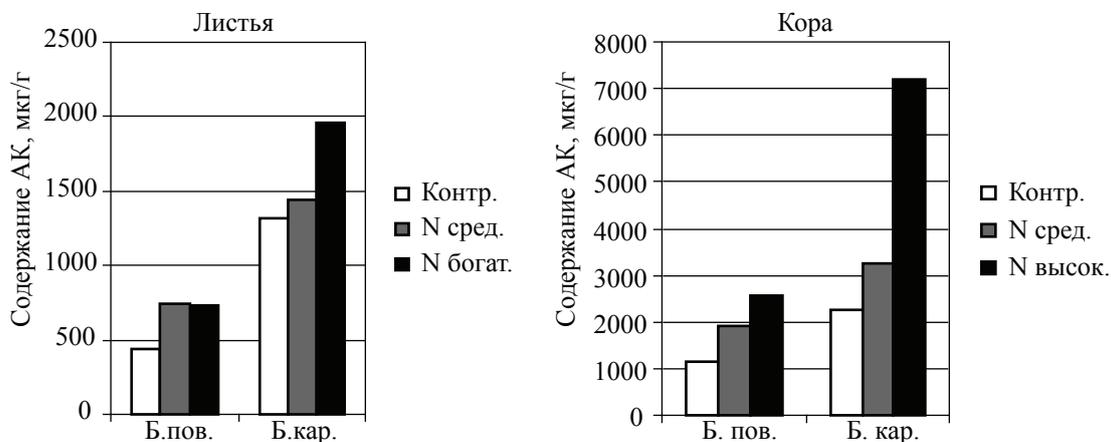


Рис. 2. Общее содержание свободных аминокислот в листьях и коре 2-летних саженцев березы повислой и карельской березы при подкормках азотом

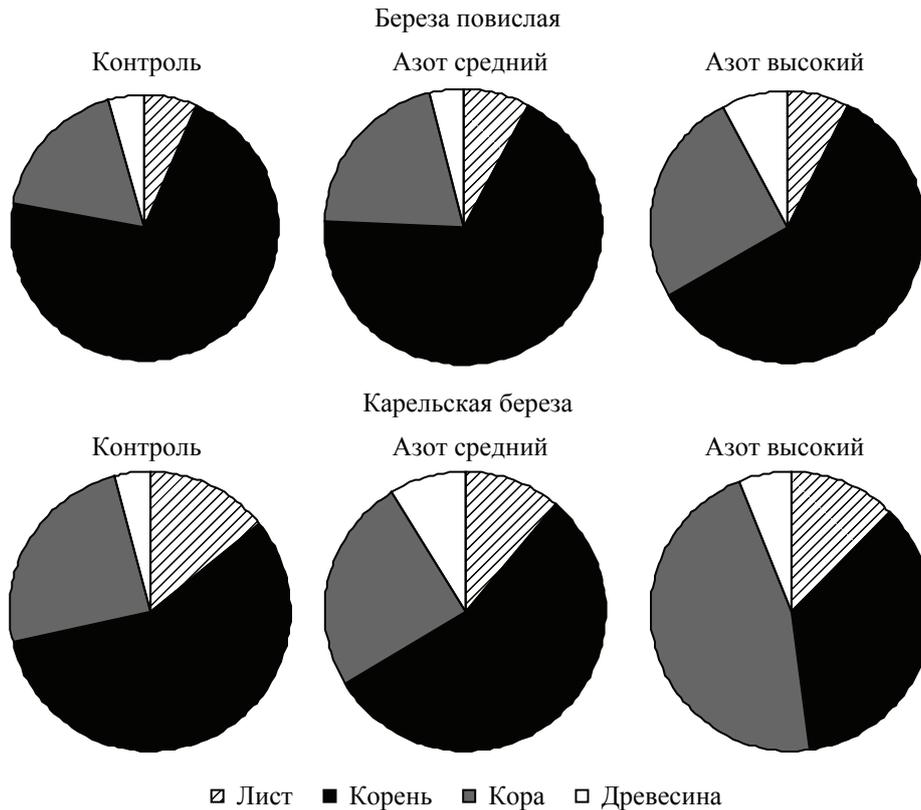


Рис. 3. Доли общего содержания свободных аминокислот по органам саженцев, %

Доля белкового азота от общего в древесине саженцев карельской березы в период активного роста стебля в толщину (июль) заметно увеличивалась при подкормках удобрением с высоким уровнем азота, что, возможно, связано с запасанием избыточного азота в форме белков в древесине.

Суммарное содержание свободных аминокислот в контрольных образцах березы повислой и карельской березы было различным в разных органах саженцев: в листьях карельской березы уровень аминокислот превышал таковой у березы повислой примерно в 3 раза, в коре – в 2 раза, а в корнях и древесине стволика преимущество аминокислот у карельской березы было незначительным (рис. 2). Количество аминокислот в листьях карельской березы еще больше возрастало при подкормках саженцев высокой дозой азотных удобрений. Содержание суммарных свободных аминокислот в коре стволика саженцев карельской березы существенно (в 3 раза) повышалось при высоком уровне азота в почве по сравнению с контрольными растениями. В коре березы повислой внесение удобрений также вызывало возрастание общего содержания свободных

аминокислот, но более низкое, чем у карельской березы. Подкормки азотными удобрениями приводили к увеличению количества свободных аминокислот и в древесине стволиков саженцев. У березы повислой существенно (в 2,7 раза) возрастал уровень аминокислот при высоких дозах азота, у карельской березы наибольший подъем количества аминокислот (в 3 раза) наблюдался при среднем обеспечении азотом, хотя при высокой дозе азота он также был значительным (в 2,5 раза). В корнях саженцев увеличение содержания аминокислот под влиянием азотных подкормок происходило менее заметно и составляло около 30 % по отношению к контролю.

На рис. 3 показано соотношение уровней обеспечения свободными аминокислотами разных органов саженцев березы повислой и карельской березы. Больше всего свободных аминокислот обнаруживали в корнях саженцев. В корнях проходит синтез аминокислот, которые затем поступают в надземные органы. Синтез аминокислот осуществляется и в листьях, но там они активно участвуют в синтезе белков, особенно в период активных ростовых процессов, когда проводили определение

(июль). При сравнении двух диаграмм видно, что в контрольных растениях у карельской березы выше доли листьев и коры в общем пуле свободных аминокислот, чем у березы повислой. Подкормки средней дозой азота приводили к увеличению вдвое доли свободных аминокислот в древесине саженцев карельской березы. Высокая доза азота вызывала повышение почти вдвое доли свободных аминокислот в коре саженцев карельской березы. Вероятно, средний уровень азота в почве способствовал усилению синтеза аминокислот в корнях и их передвижению вверх по ксилеме, а высокое содержание азота в почве усиливало и синтез аминокислот в листьях, в результате чего активно перемещались свободные аминокислоты по флоэме саженца. Саженцы карельской березы заметней реагировали на внесение азотных удобрений в почву усилением синтеза аминокислот в корнях и листьях, чем саженцы березы повислой.

Несмотря на существенное различие (в 3 раза) в количестве суммарных свободных аминокислот в листьях контрольных растений березы повислой и карельской березы, качественный состав и соотношение отдельных аминокислот у них сходный и представлен более чем 20 компонентами. Так, в листьях и березы повислой, и карельской березы отмечено явное преимущество  $\gamma$ -аминомасляной кислоты ( $\gamma$ -АМК), доля которой в контрольных растениях составляла около 30 % от общего содержания свободных аминокислот. Кроме того, довольно высокие доли в суммарном пуле аминокислот листьев имели аспарагиновая кислота (12–13 %),  $\alpha$ -аминомасляная кислота (7,4 % у карельской березы и 12 % у березы повислой), а в листьях березы повислой и глутаминовая кислота (7,7 %). Остальные аминокислоты составляли небольшую часть в общем наборе. Доля  $\gamma$ -АМК у карельской березы сохранялась на 30 % при всех дозах подкормок азотом, а у березы повислой она снижалась до 7–18 % от суммы аминокислот.  $\gamma$ -АМК – непротеиногенная аминокислота, является важным компонентом пула свободных аминокислот в растениях. Ее считают запасной формой глутаминовой кислоты (главного донора азота для биосинтеза азотных веществ, включая другие аминокислоты), из которой она образуется

путем декарбоксилирования. Метаболизм глутаминовой кислоты через  $\gamma$ -АМК–шунт может иметь большое значение в экономии азота в растениях. Есть доказательства того, что аккумуляция и расходование  $\gamma$ -АМК является межклеточным сигнальным путем, приводящим к регуляции роста и развития [14, 15].

В корнях саженцев подавляющее преимущество среди аминокислот наблюдалось у цитруллина – более 50 % от суммарного количества. Второе место по содержанию занимал аргинин – около трети всех аминокислот. Обе эти кислоты входят в орнитиновый цикл, что означает легкость превращения цитруллина в аргинин, а последнего – через орнитин снова в цитруллин. Они имеют высокое содержание азота в своих молекулах: отношение N / C у аргинина составляет 4 / 6, а у цитруллина 3 / 6. Эти аминокислоты могут служить и запасной формой, и транспортной формой азота в растении [16]. Поглощаемый из почвы азот аккумулируется в богатых элементом молекулах кислот и перемещается по растению для обеспечения азотом всех органов. На фоне большого числа разных аминокислот, содержание каждой из которых не превышало 3 % от суммарного пула в корнях саженцев, выделялись глутаминовая кислота и ее амид – глутамин. В корнях березы повислой они в сумме составляли около 10 % как в контрольных, так и в опытных растениях. У карельской березы в контроле эти аминокислоты показывали 3,5 % от суммы, а при удобрении азотом их доля возрастала до 9,4 %. Кислоты этой группы являются центральными в процессах синтеза всех аминокислот растения [4, 17], поэтому такое наглядное увеличение их доли в пуле аминокислот корней карельской березы при подкормках азотом говорит о хорошей реакции саженцев карельской березы на внесение азота в почву.

В коре стволиков саженцев карельской березы по количеству свободных аминокислот в 2 раза больше, чем у березы повислой, но по соотношению кислот картина сходная. Наибольшую часть всех аминокислот коры представлял цитруллин (более 40 %),  $\gamma$ -АМК – около 13 %, глутаминовая кислота – около 10 %, аспарагиновая кислота – около 9 %. Остальные аминокислоты присутствовали

в гораздо меньших количествах. Подкормки азотом вызывали существенный рост содержания аминокислот в коре: высокая доза азота приводила к двойному увеличению суммы аминокислот у березы повислой и к тройному увеличению у карельской березы. При этом существенно возрастала доля цитруллина в сумме аминокислот: у березы повислой до 61 %, а у карельской березы – до 68 % от общего количества аминокислот в коре. На фоне такого преимущества цитруллина остальные аминокислоты имели небольшие доли в общем пуле, лишь  $\gamma$ -АМК в коре саженцев карельской березы составляла 12 % от суммы аминокислот. Не вызывает сомнения транспортная роль цитруллина в растениях березы [9]. У хорошо обеспеченных азотом саженцев карельской березы кора представляла наибольшую долю общего пула аминокислот (46 %) растения, и в этой большой доле 68 % аминокислот – это цитруллин.

В древесине стволиков саженцев содержание свободных аминокислот на порядок ниже, чем в корнях, причем у карельской березы их на треть больше, чем у березы повислой. В контрольных растениях в древесине преобладали аспарагиновая кислота (35 % у карельской березы и 45 % у березы повислой), цитруллин (15 % и 5,3 % соответственно) и валин (19 % и 27,2 % соответственно). При подкормках азотом существенно росла доля цитруллина (до 40 % у обеих берез), а доля аспарагиновой кислоты резко падала ниже 10 %. Увеличение доли цитруллина в общем пуле аминокислот древесины под влиянием азотных подкормок говорит об активировании транспорта азота из корней вследствие возрастания поступления азота в почву, а следовательно и в корни.

В конце вегетационного периода (в октябре) были проведены биометрические измерения массы саженцев и их отдельных органов, чтобы выяснить, какое воздействие оказали азотные удобрения, применявшиеся в течение всего периода роста предыдущего и текущего года, на накопление массы отдельных органов и всего растения в целом. Оказалось, что у 3-летних саженцев березы повислой высокий уровень азота в почве способствовал некоторому увеличению массы всего растения

– на 15 % по сравнению с контролем, а осевых органов (ствол + ветки) – на 28 %. У карельской березы стимулирующее влияние на накопление массы растения оказало удобрение со средним уровнем азота: все растение 3-летнего саженца карельской березы набрало на 42 % больше массы, чем контрольное, а осевые органы – на 57 %. Высокий уровень азота в почве не способствовал наращиванию массы растения. Получается, что саженцы карельской березы хорошо воспринимали подкормку азотом до определенного уровня, а большие дозы элемента являлись излишними и не стимулировали наращивание массы. Саженцы березы повислой реагировали лишь на высокую дозу азота и в меньшей степени, чем саженцы карельской березы на свою стимулирующую дозу подкормки.

Внесение азотных удобрений в почву приводило к заметному повышению уровня белкового азота в коре и древесине 3-летних саженцев карельской березы в период активной деятельности камбия (июль). Увеличение доли белкового азота от общего в древесине саженцев в данный период под влиянием высокой дозы азота позволяет предположить, что избыточный азот запасается в древесине в форме белков.

В контрольных саженцах карельской березы суммарное содержание свободных аминокислот превышало данный показатель у березы повислой в листьях – в 3 раза, в коре – в 2 раза. Подкормки высокими дозами азота способствовали существенному увеличению количества аминокислот в листьях и особенно в коре карельской березы, что говорит об ответной реакции саженцев на избыток азота в виде усиления синтеза аминокислот в листьях и их оттока по флоэме. В древесине и корнях саженцев карельской березы наиболее эффективной по повышению уровня свободных аминокислот была средняя доза азота, что может подтверждать предположение о переходе избытка азота из небелковой формы в белковую в древесине.

Подтверждается транспортная роль цитруллина у березы. Под влиянием азотных подкормок возрастала доля этой аминокислоты в коре и древесине. У хорошо обеспеченных азотом саженцев карельской березы в

коре обнаруживали почти половину всех свободных аминокислот саженца, и из них 68 % было представлено цитруллином.

В конце вегетационного периода было обнаружено небольшое повышение массы саженцев березы повислой (всего растения и его осевых органов) под влиянием высокой дозы азота. Саженцы карельской березы реагировали нарастанием массы на среднюю дозу подкормки азотом, когда масса всего растения увеличивалась на 42 %, а осевых органов – на 57 % по сравнению с контролем. Высокая доза подкормки не стимулировала наращивание массы саженцев карельской березы.

### Библиографический список

1. Ивантер, Э. Введение в количественную биологию / Э. Ивантер, А.В. Коросов. – Петрозаводск: Изд. ПетрГУ, 2003.
2. Чикина, П.Ф. Азотный обмен / П.Ф. Чикина // Физиолого-биохимические основы роста и адаптации сосны на Севере. – Л.: Наука, 1985. – С. 57–82.
3. Калинкина, Л.Г. Модифицированный метод выделения свободных аминокислот для определения на аминокислотном анализаторе / Л.Г. Калинкина, Л.В. Назаренко, Е.Е. Гордеева // Физиология растений. – 1990. – Т. 37. – Вып. 3. – С. 617–621.
4. Suarez, M.F. Molecular and enzymatic analysis of ammonium assimilation in woody plants / M.F. Suarez, C. Avila, F. Gallardo, F.R. Canton, A. Garcia-Gutierrez, M.G. Claros, F.M. Canovas // Journal of Experimental Botany. – 2002. – Vol. 53. – N 370. P. 891–904.
5. Ingestad, T. Nitrogen stress in birch seedlings I. Growth technique and growth [Text] / T. Ingestad, A.-B. Lund // Physiologia Plantarum. – 1979. – Vol. 45. – P. 137–148.
6. Aphalo, P.J. Effects of light quality on growth and N accumulation in birch seedlings / P.J. Aphalo, T. Lehto // Tree Physiology. – 1997. – Vol. 17. – N 2. P. 125–132.
7. Millard, P. Ecophysiology of the internal cycling of nitrogen for tree growth [Text] / P. Millard // J. Plant Nutr. Soil Sci. – 1996. – Vol. 159. – P. 1–10.
8. Chapin, F.S. The ecology and economics of storage in plants [Text] / F.S. Chapin, E.D. Schulze, H.A. Mooney // Annu. Rev. Ecol. Syst. – 1990. – Vol. 21. – P. 423–447.
9. Millard, P. Variations in the amino acid composition of xylem sap of *Betula pendula* Roth trees due to remobilization of stored N in the spring / P. Millard, R. Wendler, A. Hepburn, A. Smith // Plant, Cell and Environment. – 1998. – Vol. 21. – N 7. – P. 715–722.
10. Sauter, J.J. Protein bodies in ray cells of *Populus x canadensis* Moench “robusta” [Text] / J.J. Sauter, B. Van Cleve, K. Apel // Planta. – 1988. – Vol. 173. – P. 31–34.
11. Wetzel, S. Seasonally fluctuating bark proteins are a potential form of nitrogen storage in three temperate hardwoods [Text] / S. Wetzel, C. Demmers, J.S. Greenwood // Planta. – 1989. – Vol. 178. – P. 275–281.
12. Coleman, G.D. Photoperiod control of poplar bark storage protein accumulation [Text] / G.D. Coleman, T.H.H. Chen, S.C. Ernst, H. Fuchigami // Plant Physiology. – 1991. – Vol. 96. – P. 686–692.
13. Marmann, P. Nitrogen storage and remobilization in ash (*Fraxinus excelsior*) under field and laboratory conditions [Text] / P. Marmann, R. Wendler, P. Millard // Trees. – 1997. – Vol. 11. – P. 298–305.
14. Chung, I. The production and efflux of 4-aminobutyrate in isolated mesophyll cells [Text] / I. Chung, A.W. Bown, B.J. Shelp // Plant Physiology. – 1992. – Vol. 99. – P. 659–664.
15. Bown, A.W. The metabolism and functions of  $\gamma$ -aminobutyric acid [Text] / A.W. Bown, B.J. Shelp // Plant Physiology. – 1997. – Vol. 115. – P. 1–5.
16. Schmidt, S. Transport, storage and mobilization of nitrogen by trees and shrubs in the wet / dry tropics of northern Australia [Text] / S. Schmidt, G.R. Stewart // Tree Physiology. – 1998. – Vol. 18. – N 6. – P. 403–410.
17. Sagisaka, S. Amino acid pools in perennial plants at the wintering stage and at the beginning of growth [Text] / S. Sagisaka, T. Araki // Plant and Cell Physiology. – 1983. – Vol. 24. – P. 479–494.

## РАЗМЕРНАЯ СТРУКТУРА СЛОЕВИЩ ЛИШАЙНИКА *PSEUDEVERNIA FURFURACEA* (L.) ZOPF В СОСНЯКЕ ЗЕЛЕНОМОШНОМ

А.А. ТЕПЛЫХ, филиал ФГУ «Рослесозащита– Центр защиты леса Республики Марий Эл»

[czaol@yoladom.ru](mailto:czaol@yoladom.ru), [czaol@mari-el.ru](mailto:czaol@mari-el.ru)

Лишайник *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf – листовато-кустистый [1], бореальный, мезофит [2], редкий для европейского севера России, но широко распространенный в западных регионах, в таежной зоне и горных лесах. Общее распространение *P. furfuracea* – Европа, Кавказ, Азия, северная часть Аф-

рики, Северная Америка. Встречается чаще на хвойных, реже на лиственных видах деревьев, иногда на обработанной древесине, на пнях [3].

Интерес представляет изучение размерной структуры одного вида лишайника на разных видах деревьев с различной струк-

турой коры. Известно, что ферменты лишайников, взятых с различных субстратов, могут различаться по активности, а в некоторых случаях и по составу в зависимости от субстрата. Так, при изучении ферментов *P. furfuracea*, собранной со стволов *Betula pendula* Roth, ствола и веток *Pinus sylvestris* L., было установлено, что у образца, снятого со ствола *P. sylvestris*, обнаруживаются пероксидаза и оксидаза; а у особей, снятых с *B. pendula*, пероксидаза отсутствует, а активность оксидазы малая. Слоевница, снятые с веток *P. sylvestris*, обладают более низкой ферментативной активностью, чем со ствола [3].

Целью работы является изучение размерной структуры слоевищ *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf на сосне обыкновенной (*P. sylvestris* 2L.) и березе повислой (*B. pendula* Roth) в сосняке зеленомошном.

Исследование проводилось в июне 2007 г. в кв. 90 Государственного природного заповедника «Большая Кокшага» Республики Марий Эл (N 56°37,321, E 47°17,826) в сосняке зеленомошном. Возраст древостоя 70 лет, состав: 9С1Б; подлесок: дуб черешчатый (*Quercus robur* L.); кустарники: ракитник русский (*Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Woloszcz.) Klaskova); кустарнички: брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.).

На соснах и находящимся рядом березах, с учетом экспозиции, на разных высотах ствола: 0–0,5 м, 0,5–1 м, ... 3,5–4 м подсчитывали число особей *P. furfuracea* в разных онтогенетических состояниях: виргинильном ( $v_1, v_2$ ), молодом генеративном ( $g_1$ ), средневозрастном генеративном ( $g_2$ ), старом генеративном ( $g_3$ ), субсенильном ( $ss$ ), сенильном ( $s$ ), учитывая жизненность особей. Для онтогенетических состояний  $v_1 - g_2$  разработана трехбалльная, для  $g_3$  состояний – двухбалльная шкалы жизненности [4]. Всего обследовано 383 слоевища на сосне обыкновенной и 631 на березе повислой.

В маркированных точках ствола сосны на высоте 0,5, 1,0 и 1,5 м на четырех экспозициях в 9, 12, 15 и 18 часов 21–25 июня 2007 г. был измерен уровень освещенности: люксметр ТК-Люкс прикладывали к стволу 10 деревьев сосны. Облачность в эти дни изменялась от 0 до 10 баллов. Освещенность варь-

ировала по экспозициям от 1,67 на севере до 4,15 тыс. люкс на юге, по времени суток – от 1,57 в 18 час. до 5,02 тыс. люкс в 12 час., увеличивалась с высотой стола от 2,85 на высоте 0,5 м до 3,38 тыс. люкс на высоте 1,5 м.

Использовались статистические методы – однофакторный и трехфакторный дисперсионный анализ [10], компьютерная программа «Statistica 5.11».

Размеры слоевищ не различаются на разных субстратах и деревьях. Наибольшее число слоевищ (41,3 %) имеют размеры до 1 см<sup>2</sup>, с увеличением размеров слоевищ уменьшается частота их встречаемости (рис. 1). Можно видеть, что распределение резко асимметрично, размеры слоевищ варьируют от 0,1 до 75 см<sup>2</sup>, медиана распределения равна 2 см<sup>2</sup>.

Размеры слоевищ на сосне и березе не различаются на разных экспозициях ствола, но различаются на разных высотах ствола ( $P = 0,001$ ), статистически не значимо взаимодействие факторов субстрат–высота ствола (рис. 2). На обоих субстратах число небольших по размеру слоевищ находится на высоте ствола до 0,5 м. Возможно, на этом участке ствола постоянно происходит занос изидий с выше находящихся слоевищ, но их развитие затрудняет как более низкий уровень освещенности и более высокий уровень влажности, так и снежный покров, при весеннем таянье которого возможен опад крупных слоевищ. Также уменьшение числа крупных слоевищ на высоте ствола выше 2,5 м на сосне связано с особенностями строения коры: кора у сосны изменяется с увеличением высоты от груботрещиноватой до тонкой чешуйчатой. Чешуйчатая кора постоянно обновляется, это затрудняет заселение слоевищ и достижение ими крупных размеров [5, 6]. На стволе березы слоевища лишайников поселяются по трещинам и в местах разрыва коры, при этом структура коры также изменяется с высотой [7]. Известно, что масса слоевищ лишайника *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. на березе повислой зависит от характера коры, на сильно расчлененной коре она значительно больше, чем на гладкоствольных березах, больше лишайника по трещинам, в местах разрыва коры, у основания обломанных сучьев [8].

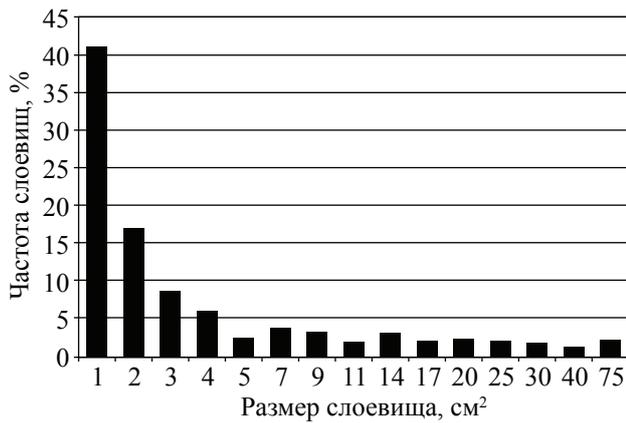


Рис. 1. Размеры слоевищ *P. furfuracea* на сосне и березе

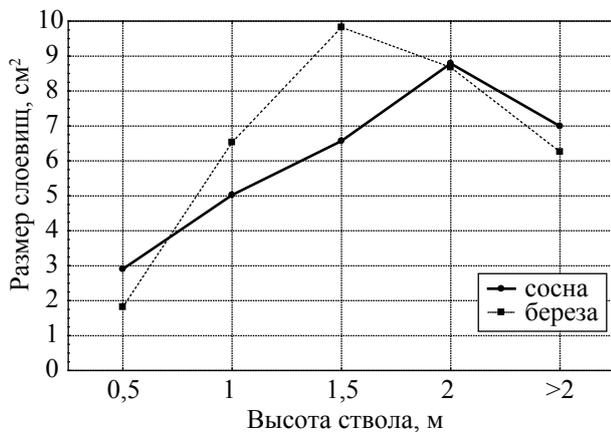


Рис. 2. Размеры слоевищ *P. furfuracea* на разных высотах ствола сосны и березы

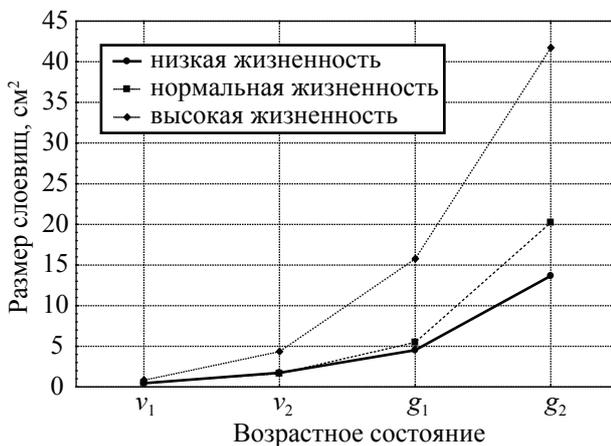


Рис. 3. Размеры слоевищ *P. furfuracea* разных жизненностей различных возрастных состояний

Аналогичные результаты размерной структуры *P. furfuracea* были получены на верховом болоте: в сосняке черничном, кустарничково-сфагновом и березняке белокрыльничково-осоково-сфагновом наибольшее число слоевищ имели размеры до 1 см<sup>2</sup>,

размеры слоевищ во всех типах леса не различались на разных экспозициях ствола. По высотам ствола размеры слоевищ различаются в сосняке черничном и березняке; в сосняке черничном размеры слоевищ увеличиваются с увеличением высоты, в березняке размеры слоевищ увеличиваются до высоты 2,5 м, выше по стволу наблюдается уменьшение размеров, для сосняка кустарничково-сфагнового зависимость от высоты не выявлена [9].

Размеры слоевищ разных возрастных состояний, естественно, различаются ( $P < 10^{-15}$ ). Наименьшие размеры слоевищ принадлежат  $v_1$ -группе, слоевища которой не превышают 1 см<sup>2</sup>, за которой следует  $v_2$ -группа, слоевища которой достигают значительно больших размеров,  $v_2$ -группу постепенно сменяет  $g_1$ , самые большие по размеру слоевища находятся в  $g_2$  возрастном состоянии (рис. 3). Несомненный интерес вызывают различия размеров слоевищ разной жизненности в пределах одного возрастного состояния. В  $v_1$  онтогенетической группе различий в размерах слоевищ разных жизненностей не выявлено, в  $v_2$ ,  $g_1$  и  $g_2$  размеры слоевищ низкой и нормальной жизненностей не различаются, но отличаются от слоевищ высокой жизненности ( $P = 0,02-4,7 \cdot 10^{-11}$ ). Отсутствие различий в размерах слоевищ разных жизненностей в  $v_1$  состоянии связано с незначительными темпами прироста на начальных стадиях онтогенеза, в дальнейшем различия в приросте слоевищ низкой и нормальной жизненности по отношению к особям высокой жизненности становятся более значительными.

Таким образом, слоевища *P. furfuracea* не различаются на разных субстратах, экспозициях, но различаются на разных высотах ствола. Размеры слоевищ разных возрастных состояний различаются, в  $v_1$  возрастной группе различий в размерах слоевищ разных жизненностей не выявлено, в  $v_2$ ,  $g_1$  и  $g_2$  размеры слоевищ низкой и нормальной жизненностей не различаются, но отличаются от слоевищ высокой жизненности.

Автор выражает благодарность Н.В.Глотову за помощь в анализе материала.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 09-04-00780-а.

**Библиографический список**

1. Котлов, Ю.В. *Pseudevernia*. Сем. *Parmeliaceae* / Ю.В. Котлов // Определитель лишайников России. – СПб: Наука, 1996. – Т. 6. – С. 62.
2. Херманссон, Я. Предварительный список лишайников Республики Коми / Я. Херманссон, Т.Н. Пыстина, Д.И. Кудрявцева. – Сыктывкар, 1998. – С. 92.
3. Моисеева, Е.Н. Биохимические свойства лишайников и их практическое значение / Е.Н. Моисеева. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – С. 25–29.
4. Суетина, Ю.Г. Онтогенез и жизненность слоевищ лишайника *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf / Ю.Г. Суетина // Вопросы общей ботаники: традиции и перспективы. Матер. Международной науч. конф., посвященной 200-летию Казанской ботанической школы. – Казань, 2006. – С. 222–224.
5. Суетина, Ю.Г. Пространственное распределение особей *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf в сосняке вейниковом / Ю.Г. Суетина, Н.В. Глотов, А.А. Теплых // Фундаментальные и прикладные проблемы популяционной биологии: сб. тез. докл. VI Всероссийского популяционного семинара. – Нижний Тагил: Изд-во НТГПИ, 2002. – С. 164–166.
6. Рябкова, К.А. Лишайники Урала / К.А. Рябкова. – Свердловск: Уральский рабочий, 1981. – С. 30–32.
7. Коновалов, В.Ф. Селекция и разведение березы повислой на южном Урале / В.Ф. Коновалов. – М.: МГУЛ, 2002. – С. 28–32, 46–59.
8. Коротков, К.О. О приуроченности *Hypogymnia physodes* к древесным породам и о ее фитомассе в разных типах леса / К.О. Коротков, Ю.П. Солдатенкова, Ю.А. Шахов // Вестн. Московского университета. – 1973. – № 1. – С. 55–59.
9. Теплых, А.А. Пространственная и возрастно-виталитетная структура популяции лишайника *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf в условиях верхового болота / А.А. Теплых // Научные труды Государственного природного заповедника «Большая Кокшага». Вып. 3. – Йошкар-Ола: ООО «Полиграфическо-издательская компания Принт-Ф», 2008. – С. 143–158.
10. Socal, R. Biometry / R. Socal, F. Rohlf. – N.-Y.: Freeman, 1995. – 887 p.

**УСПЕШНОСТЬ РОСТА И СОСТОЯНИЯ СОСНЫ  
В СМЕШАННЫХ КУЛЬТУРАХ**

А.С. СУХОРУКОВ, асп. каф. лесных культур МГУЛ

*caf-lescult@mgul.ac.ru*

Смешанные лесные культуры олицетворяют собой рукотворные леса, созданные разнообразными типами лесных культур. При этом в лесокультурном деле принято под типами лесных культур понимать ассортимент пород, схемы их смешения и размещения при посеве и посадке [1]. Тип лесных культур составляет фундамент в методологии лесокультурного дела и является проектируемой моделью наиболее перспективного, биологически сбалансированного культурдендроценоза для определенных природных условий, отвечающей целевому выращиванию искусственного леса, т.е. это модель будущего леса [3].

Типы лесных культур являются приоритетным достоянием отечественного лесокультурного дела. В практике искусственного лесовосстановления они были научно обоснованы проф. Н.Н. Степановым для лесов водоохранной зоны и узаконены в 1939 г. Главлесоохраной при СНК СССР.

В теории и практике лесокультурного дела, согласно учению о типах лесных культур, принято разделять смешанные искус-

ственные насаждения на следующие составные компоненты: главные породы, сопутствующие породы и кустарники. Главными считаются древесные породы, составляющие основу лесного насаждения. Они образуют верхний ярус древостоя, максимально соответствуют условиям местопроизрастания и в лесных культурах выполняют основную целевую функцию. Сопутствующие породы несут вспомогательную функцию, играя роль подгона и уплотнителя насаждения. Кустарники – это почвоотенители и почвоулучшители, увеличивающие к тому же биологическое разнообразие искусственного насаждения. В целом же компоненты в лесокультурном деле являются синонимами элемента леса в таксационном понятии. От правильного породного подбора соответствующих компонентов зависит лесоводственный успех выращивания искусственного насаждения, ибо в полной зависимости от характера взаимоотношений (индифферентных, ингибиторных, активаторных по классификации [2]) находится рост и состояние главной породы.

**Значения средних диаметров сосны в смешанных культурах**

Смешение пород	Статистические показатели				
	<i>M</i> , см	$\pm m$	$\Sigma$	<i>P</i> , %	<i>V</i> , %
С+Вз	21,99	0,44	4,34	2,00	19,73
С+Лп	22,11	0,41	5,01	1,86	22,66
С+Д	21,83	0,57	4,88	2,61	22,35
С+Б	18,89	0,62	5,07	3,28	37,26
С+Е	22,05	0,44	4,92	2,00	22,31
С+лиственница сибирская	22,92	0,42	5,15	1,83	22,47
С+пузыреплодник калинолистный	23,90	0,41	5,18	1,72	21,67
С+акация желтая	24,11	0,43	5,27	1,78	21,86

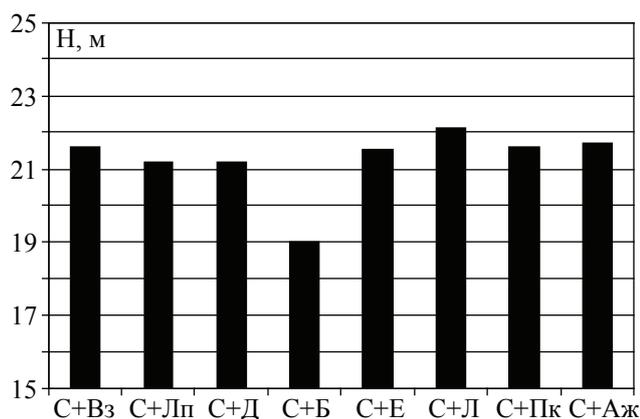


Рис. 1. Средние значения высот сосны в культурах разного типа

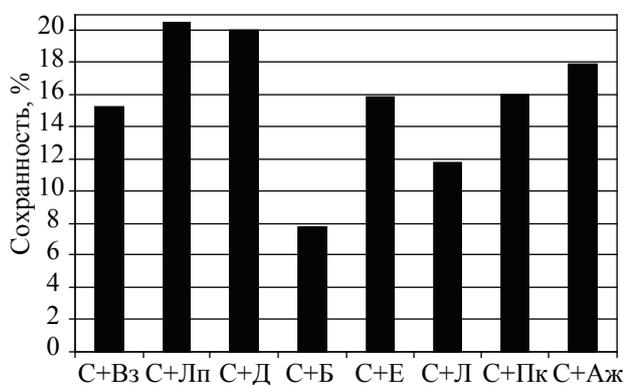


Рис. 2. Сохранность деревьев сосны в культурах разного типа

Для изучения успешности роста и состояния сосны в смешанных лесных культурах были подобраны в условиях сложной субори наиболее часто встречающиеся в городских лесах Лосиног Острова типы культур сосны 55-летнего возраста. Результаты биометрических замеров (табл. 1) показали крайне неоднозначный рост сосны по диаметру и высоте в зависимости от вида сопутствующей

породы и кустарника. Лучший рост по диаметру наблюдается у сосны в сочетании с акацией желтой, пузыреплодником калинолистным и лиственницей сибирской. Самым плохим ростом обладает сосна при смешении с березой: ее средний диаметр существенно, что достоверно по критерию Стьюдента, имеет меньшую величину, нежели средние диаметры во всех других сравниваемых вариантах. Также и по средней высоте сосна проигрывает при сочетании с березой по сравнению с совместным произрастанием со всеми другими сопутствующими породами, а также кустарниками (рис. 1).

Сохранность деревьев сосны 55-летнего возраста имеет довольно пеструю картину (рис. 2). Причина разной сохранности во взаимоотношении с конкурентной сопутствующей древесной породой либо кустарником, так как густота посадки сосны была одинакова; одинаков также и тип условий местопроизрастания – свежая сложная суборь. При этом сохранность сосны в смешанных культурах надо рассматривать как результат всего 55-летнего периода роста сосны как главной породы с конкретным сопутствующим или кустарниковым компонентом.

Лучшая сохранность (20,5 %) наблюдается в посадках с липой, а также с дубом (20 %). Из всех древесных пород проф. В.П. Тимофеев считал липу лучшей примесью к сосне [7]. По его данным, широколиственные породы (липа, дуб, клен) листовым отпадом способствуют обитанию в почве леса большого количества дождевых червей. Почва, прошедшая через кишечник дождевых червей, обогащается органическим ве-

ществом, в ней увеличивается содержание подвижных элементов питания, а также в почвенном растворе кислых почв уменьшается концентрация водородных ионов. Однако следует отметить, что широколиственные породы в сосновых культурах почти полностью выпадают к IV классу возраста. Поэтому их полезное воздействие на рост сосны может происходить только на протяжении двух первых классов возраста жизни искусственного насаждения.

Самая низкая сохранность у сосны в сосново-березовых посадках (7,8 %). Несмотря на то, что береза дает хороший лиственный опад, способствующий повышению почвенного плодородия, она оказывает отрицательное биофизическое воздействие на сосну, из которого наиболее существенно охлестывание.

Низкую сохранность имеет сосна и при совместном произрастании с лиственницей (11,8 %). Лиственница имеет самое высокое значение средней высоты. Такое состояние сосны – следствие ее конкуренции с лиственницей за световую экологическую нишу. При этом надо сказать, что совместное произрастание сосны и лиственницы в лесных культурах характеризуется во времени весьма сложными взаимоотношениями, что отмечено еще во второй половине XIX в. А.Ф. Рудзким и наглядно обобщено М.Д. Мерзленко и Коженковой [6, 4]. На протяжении первых десятилетий сосна не только лидирует по успешности роста, но и сильно угнетает лиственницу.

В третьем классе возраста наступает паритет, после чего лиственница наращивает темпы роста и к IV классу возраста полностью вытесняет сосну из состава насаждения. Поэтому лиственницу нельзя считать положительным компонентом к сосне как главной лесокультурной породе.

Распределение деревьев сосны по классам роста и развития Крафта (рис. 3) показало, что максимальный процент деревьев сосны высших классов (I и II) в культурах с пузыреплодником калинолистным, липой и акацией желтой – соответственно 49,8 %, 47,9 % и 47,0 %. Меньше всего таких деревьев в сосново-березовых культурах (26,1 %). Максимум деревьев низших классов Крафта (IV и V) произрастает в сосново-березо-

вых культурах (45,0 %) и сосново-вязовых (41,5 %). Вместе с тем распределение деревьев по классам Крафта не в полной мере отражает их жизненное состояние. Так, здоровым деревом может быть не только господствующее, но и согосподствующее, а в культурах более старшего возраста отмирание деревьев уже затрагивает и экземпляры высших классов Крафта, а не только явно угнетенные. Поэтому состояние древостоя более объективно можно оценивать с учетом категории состояния деревьев (рис. 4).

Как видно из рис. 4, максимальный процент наличия здоровых деревьев, не имеющих признаков ослабления, в культурах сосны с акацией желтой (87,3 %) и с пузыреплодником калинолистным (84,8 %).

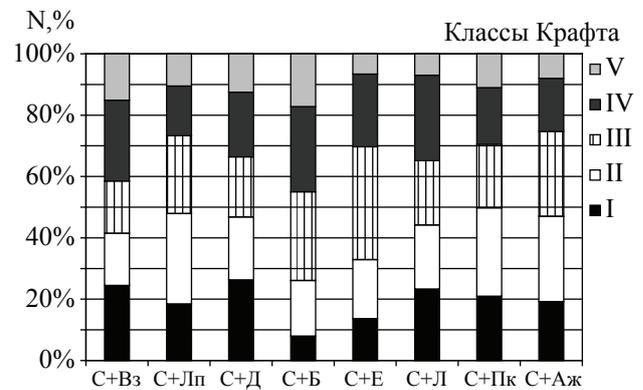


Рис. 3. Распределение деревьев сосны по классам Крафта

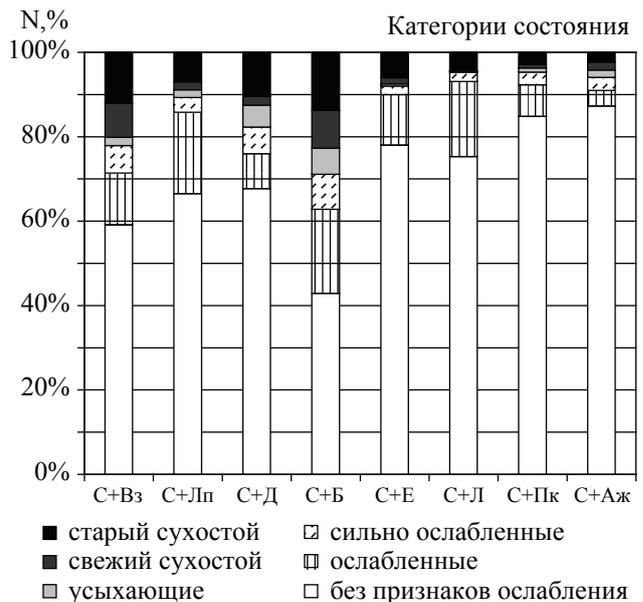


Рис. 4. Распределение деревьев сосны по категориям состояния

**Таксационная характеристика культур сосны, произрастающих в сложных типах леса**

№ пробной площади	Возраст культур, лет	Средние		Класс бонитета	Число стволов, шт/га	G, м <sup>2</sup> /га	M, м <sup>3</sup> /га
		H, м	Д, см				
Сосняк липовый ( <i>Pinetum tiliosum</i> )							
25	68	29,3	29,4	Ia	466	32,8	410
Сосняк лещиновый ( <i>Pinetum corylosum</i> )							
26	63	30,2	32,8	Iб	376	32,3	420

В этих же искусственных насаждениях меньше всего усыхающих и сухостойных деревьев. Худшее состояние у сосны в сосново-березовых и сосново-вязовых культурах: в них на здоровые деревья приходится соответственно по 42,9 % и 59,1 %, а на сухостойные – 22,7 % и 20,1 %.

Исходя из вышеизложенного можно утверждать, что береза и вяз по отношению к сосне являются ингибиторами и создавать посадки сосны с этими древесными породами нежелательно. Активаторами для сосны являются такие кустарники, как акация желтая и пузыреплодник калинолистный, выполняющие роль почвоулучшителей. В этом отношении особенно положительную роль играет акация желтая (карагана древовидная). Согласно исследованиям В.С. Шумакова, примесь акации ускоряет процесс минерализации лесной подстилки, обогащает ее азотом и зольными элементами, снижает кислотность, усиливает нитрофицирующую и аммонифицирующую способность верхнего активного слоя почвы [8]. Благодаря этому улучшаются ростовые процессы сосны. Результат лучшего роста и состояния сосны в смешении с акацией желтой отмечены нами в условиях городских лесов Москвы. Сведения по лучшему росту сосны при ее совместном произрастании с акацией желтой также приводятся В.И. Рубцовым для разных условий произрастания в Воронежской области [5].

В ходе рекогносцировочных обследований сосновых насаждений и анализа книг лесных культур нами не были найдены сосново-лещиновые лесные культуры. Вместе с тем на территории большинства крупных городских лесных массивов в природной обстановке городских сосняков старше III класса возраста везде в подлеске широко представлена лещина. В насаждениях сосны VII–VIII классов

возраста лещина образует довольно густые заросли. Такие примеры сосняков сложных в виде спелых и перестойных, но довольно-таки устойчивых насаждений можно видеть в опытном Серебряноборском лесничестве Института лесоведения РАН и Национальном парке «Лосиный Остров».

В условиях сложных суборей в пределах группы сосняков сложных (*Pineta composita*) были найдены два участка культур сосны, где сосна, будучи высажена без примеси каких-либо компонентов в IV классе возраста, произрастает в природной обстановке сосняка липового (*Pinetum tiliosum*) и сосняка лещинового (*Pinetum coryeosum*). Это рядовые культуры с густотой посадки 3,5 тыс. экз./га. В этих культурах были заложены пробные площади (табл. 2).

Как видно из табл. 2, искусственные насаждения характеризуют собой чистые по составу древостои сосны. В сосняке липовом липа представлена единичными деревьями, растущими на грани подлесок – второй ярус. Древостой в сосняке лещиновом имеет густой подлесок из кустов лещины в количестве около 900 экз. на 1 га. Самый лучший рост и лесоводственный эффект имеют культуры сосны в лещиновом типе леса: Iб класс бонитета. И в сосняке липовом, и в сосняке лещиновом относительная полнота составила 0,7. В сравнении с таблицей хода роста полных насаждений сосны Московской области оба древостоя (пр. пл. 25 и 26) по числу стволов на 1 га проигрывают в среднем на 49,5 %, по запасу стволовой древесины – на 16 %. Но для городских лесов преимущества в загущенности древостоев и преимущества по запасам древесины не являются главными оценочными критериями. Здесь (в городских лесах) главным прежде всего является хорошее развитие деревьев, их габариты, т.е. высота и диаметр.

В этом отношении рассматриваемые нами культуры сосны выигрывают по высоте – на 11,5 %; по диаметру – на 5,2 %.

Наличие лещины в искусственных насаждениях сосны – неотъемлемый признак сложного типа условий местопрорастания. Расселению лещины способствует сойка (*Garrulus glandarius* L.). Она осенью прячет по несколько орехов в толщу лесной подстилки. Излюбленным биотопом, куда сойка затаскивает орехи лещины и делает там захоронки на суровую зимнюю пору, являются молодняки сосны, находящиеся в фазе жердняка. В них под кронами сосен зимой не так много снега по сравнению с лиственным лесом. К тому же весной он тут быстрее стаивает, нежели в березняках и липняках. Уцелевшие («забытые») птицей орешки после прорастания в светлых сосняках находят для себя, уже в виде всходов молодых растений, хорошие условия для дальнейшего произрастания.

Учитывая природную особенность совместного произрастания сосны и лещины, в сложных суборах можно искусственно вводить этот кустарник под полог культур сосны, когда они находятся в фазе жердняка, т.е. осуществлять двухприемные лесные культуры.

Этот прием искусственного лесовосстановления целесообразен в условиях городских лесов, ибо там не во всех лесных массивах обитает и гнездится сойка.

### Библиографический список

1. Александров, А.И. Основы лесокультурного проектирования / А.И. Александров, И.И. Дроздов. – М.: МЛТИ, 1979. – 82 с.
2. Колесниченко, М.В. Биохимические взаимодействия древесных растений / М.В. Колесниченко. – М.: Лесная пром-сть, 1976. – 184 с.
3. Мерзленко, М.Д. Теоретическая основа общей системы лесокультурного процесса / М.Д. Мерзленко // Лесной журнал. – 1988. – № 4. – С. 7–11.
4. Мерзленко, М.Д. Интродукция лиственницы европейской в Поречье / М.Д. Мерзленко, А.А. Коженкова // Научн. труды МГУЛ. – Вып. 275. – 1994. – С. 86–95.
5. Рубцов, В.И. Культуры сосны в лесостепи / В.И. Рубцов. – М.: Лесная пром-сть, 1969. – 286 с.
6. Рудзский, А.Ф. Исследование прироста в Поречской даче / А.Ф. Рудзский // Лесной журнал. – 1878. – Вып. 10. – С. 543–572.
7. Тимофеев, В.П. Природа и насаждения Лесной опытной дачи ТСХА за 100 лет / В.П. Тимофеев. – М.: Лесная пром-сть, 1965. – 168 с.
8. Шумаков, В.С. Типы лесных культур и плодородие почв / В.С. Шумаков. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1963. – 184 с.

## О МЕТОДИЧЕСКОМ ПОДХОДЕ К ОЦЕНКЕ ТИПОВ ПАРКОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ

А.Г. ЛУКЪЯНЕЦ, *ст. преп. каф. садово-паркового и ландшафтного строительства МГУЛ*

*teodoronskiy@mgul.ac.ru*

Основной задачей исследования является выявление критериев типов парковых насаждений (ТПН) и их качественной оценки, в основу которой положена количественная оценка структурных составляющих ТПН.

К настоящему моменту разработаны следующие шкалы оценки насаждений:

1. Шкалы эстетической оценки ландшафтов [1–6].

2. Шкала, учитывающая эмоциональное воздействие отдельных элементов пейзажа на человека [7].

3. Эстетическая оценка фитоценоза [8] и эколого-фитоценотическая оценка зеленых насаждений [9].

4. Оценка декоративности деревьев и кустарников [10–13, 16].

Во всех оценочных шкалах при эстетической оценке ландшафта учитывается санитарно-гигиеническое состояние, степень комфортности. Шкала, учитывающая эмоциональное воздействие отдельных элементов пейзажа, основана на выразительности элементов пейзажа. При декоративной оценке деревьев и кустарников в качестве эталона декоративности принимается габитус свободно произрастающего дерева. В состав эколого-фитоценотической оценки зеленых насаждений, помимо показателей, оценивающих древесно-кустарниковую растительность,

входит оценка повреждений вредителями и болезнями, фитомелиоративная возможность насаждений, состояния садовых дорожек, использование воды, стафразной архитектуры.

Разработанные оценочные шкалы не в достаточной степени учитывают:

1. Особенности формирования объемно-пространственной структуры парка.
2. Закономерности произрастания растений в типах паркового насаждений.
3. Классификационные свойства ТПН.
4. Декоративные особенности ТПН.
5. Эмоционально-визуальное воздействие классификационных свойств ТПН на человека.

Сложность качественной оценки ТПН заключается в ее объективизации, в основе

которой лежит правильный отбор критериев оценки. Поэтому возникает необходимость определения структурных составляющих ТПН как теоретической опоры для отбора критериев оценки.

Предварительное изучение этого вопроса показало, что следует опираться на представление о том, что ТПН выступают как самостоятельная единица, так и рассматриваются в совокупности.

При этом необходимо учитывать все особенности ТПН и выявлять наиболее значимые для всех. Выявление критериев оценки велось на основе анализа литературных данных, классификационных признаков ТПН, а также изучения структурного разнообразия.

Т а б л и ц а

**Ведомость качественной оценки структурных составляющих ТПН**

Оцениваемые показатели	Критерии оцениваемых показателей
Ярусность насаждения	3 яруса и выше
	2 яруса
	1 ярус
Видовое разнообразие	многовидовое насаждение (более 7 видов)
	насаждение со средним числом видов (4–6 вида)
	маловидовое насаждение (1–3 вида)
Плотность древостоя	густое насаждение
	средней густоты
	изреженное насаждение
Возраст эдификаторов	старое насаждение
	средневозрастное насаждение
	молодые посадки
Наличие подлеска	густой
	средней густоты
	нет подлеска или редкий
Вид опушки	барельефная
	горельефная
	монотонная
Размер поляны	небольшие (замкнутые) 1:2
	средние, (1:3–1:4) пространство не тесное, но все еще замкнутое
	большие (1:6)
Конфигурация полян	простая
	сложная или перетекающие
	анфиладные
Колорит насаждения	монотонные
	плавно переходящие цвета
	контраст
Высота кроны	крона низко опущена (до 1 м)
	крона средне поднята (от 1 м)
	крона высоко поднята (облиственная часть занимает 1/3 высоты дерева)

На основе изучения классификационных свойств ТПН по литературным источникам и натурных наблюдений, проведенных нами на территории парков районного значения, а также в результате рассмотрения вопроса оценки насаждений разработана шкала качественной оценки ТПН.

Данная шкала базируется на эколого-фитоценотической оценке, которая в свою очередь базируется на таксационно-фитоценотической шкале эстетической оценки фитоценоза. В шкалу эстетической оценки фитоценоза вошло 12 показателей. Из данной шкалы оценки [9] взяты только 5 показателей, которые непосредственно касаются насаждений и входят в состав классификационных признаков ТПН.

В результате в шкалу качественной оценки ТПН вошло 10 критериев (таблица), каждый из которых делится на структурные составляющие: ярусность насаждения, видовое разнообразие, плотность древостоя, возраст эдификаторов, наличие подлеска, вид опушки, размер поляны, конфигурация полян, колорит насаждения, высота кроны.

После того как разработана шкала качественной оценки структурных составляющих ТПН, приступают к следующему этапу. Он заключается в проведении экспертной оценки классификационных составляющих ТПН. Сначала необходимо сформировать экспертную группу. В нашем случае в качестве экспертов выступали сотрудники проектных мастерских: инженеры-дендрологи, инженеры садово-паркового и ландшафтного строительства. Оригинальность нашей методики заключается в том, что экспертная оценка критериев ведется непосредственно в натуре, а получение исходного иллюстративного материала – на основе записей экспертов.

Содержание метода заключается в следующем. Группа наблюдателей (экспертов) движется по заранее разработанному маршруту. На плане в М 1:1000 отображено направление маршрута и точки, в которых предлагается оценить достоинства пейзажа. Каждый эксперт в точках фиксации на плане отмечает участок растительной группировки, на который он обратил внимание, фиксируя направление и угол зрения (рис. 1).

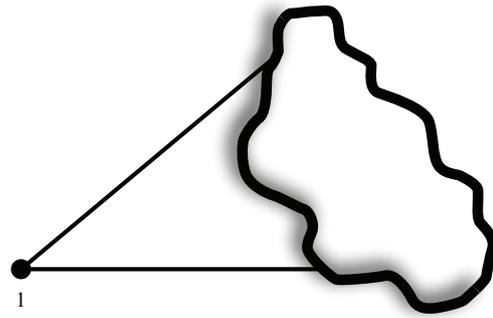


Рис. 1. Схема изображения точки фиксации измерения, для которых проведены измерения

Помимо точек фиксации, прорисованных на плане, эксперт выделяет участки и точки восприятия, которые привлекли особое внимание и оказывали воздействие как положительное, так и отрицательное. Затем впечатление от растительной группировки наблюдатель фиксирует в ведомости качественной оценки структурных составляющих ТПН. В ведомости он давал свою оценку предложенным критериям по трехбалльной шкале. Максимальный балл 3 присваивался наиболее значимому критерию, а минимальный балл 1 – наименее значимому критерию. Если точки фиксации измерения, для которых проведены измерения и точки, отобранные экспертом, совпадали, то их помечали звездочкой на плане и в ведомости.

При обработке полученных данных для снижения субъективизма и повышения достоверности таких оценок использовались правила математической обработки результатов.

Порядок проведения качественной оценки структурных составляющих ТПН приведен на рис. 2.

В результате разработанной методики качественной оценки структурных составляющих ТПН могут быть получены следующие данные:

1. Количественная оценка качества структурных составляющих ТПН.
2. Визуальное воздействие структурных показателей ТПН на группу экспертов.
3. Акценты в ТПН.
4. Шкала качественной оценки структурных составляющих ТПН.
5. Композиционные приемы формирования ТПН для различных композиционных узлов парка.

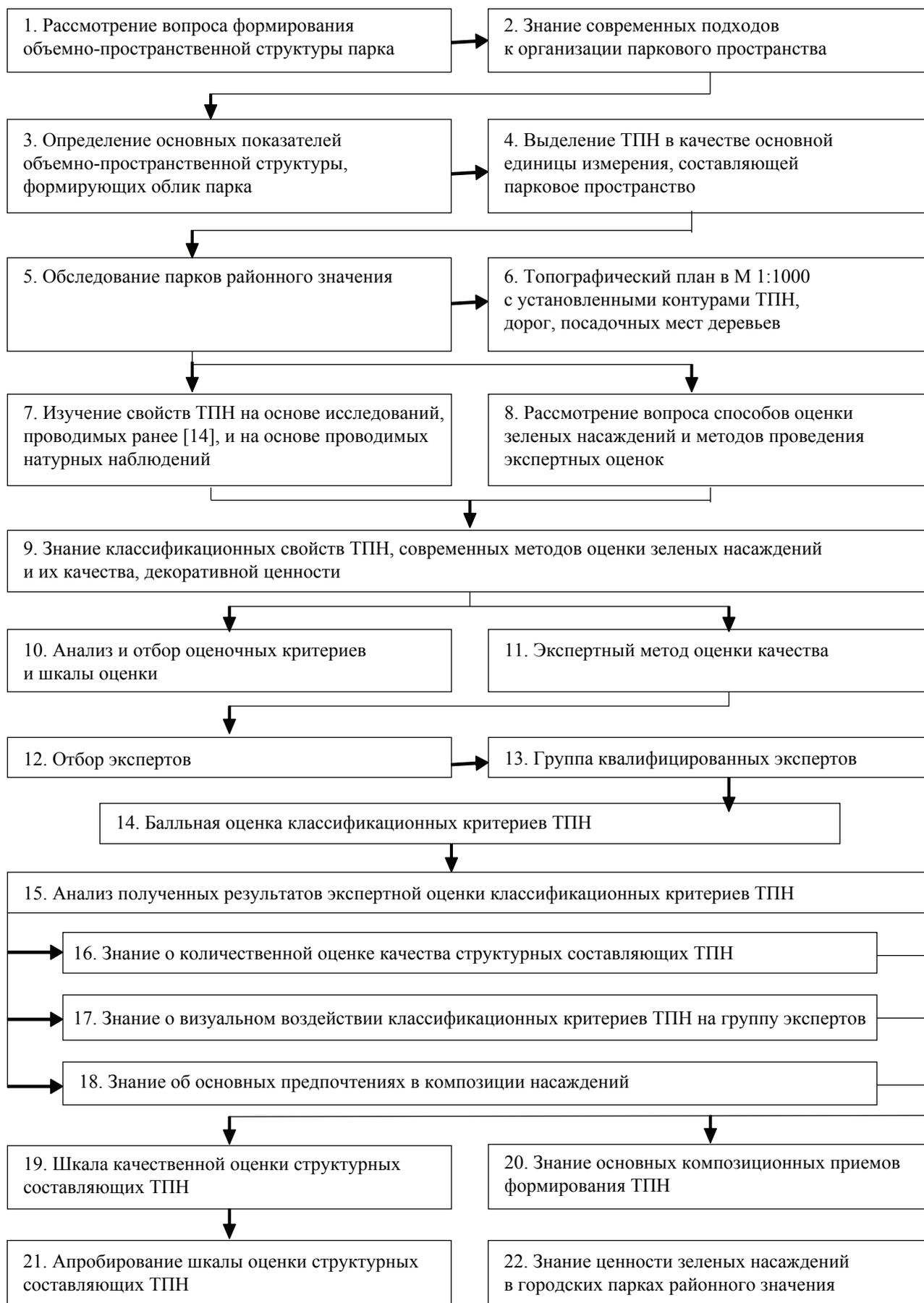


Рис. 2. Исследования качественной оценки структурных составляющих ТПН

**Библиографический список**

1. Ковтунов, В.П. Основные принципы эстетической и санитарно-гигиенической оценки ландшафтов лесопарков / В.П. Ковтунов // Лесной Журнал. – 1973. – № 5. – С. 22–23.
2. Журавков, А.Ф. Основы ведения хозяйства в лесах зеленых зон прибрежных городов / А.Ф. Журавков. – Новосибирск: Наука, 1974. – 167 с.
3. Кучерявый, В.А. Природная среда города / В.А. Кучерявый. – Львов: Вища школа, 1984. – 141 с.
4. Лукьянов, В.М. Зеленые зоны населенных пунктов Нечерноземья / В.М. Лукьянов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 219 с.
5. Преловский, В.И. К вопросу оценки эстетичности рекреационных исследований и зеленого строительства / В.И. Преловский. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. – С. 4–16.
6. Инфантьев, В.М. Проектирование зон отдыха / В.М. Инфантьев, С.Н. Мальцев // Лесное хозяйство. – 1973. – № 4. – С. 50–52.
7. Жирнов, Ф.Д. Учет эмоционального воздействия элементов ландшафта при построении садово-парковых композиций / Ф.Д. Жирнов, Л.И. Митягина // Труды Харьк. СХИ. – 1976. – Т. 224. – С. 15–19.
8. Кучерявый, В.А. Природная среда города / В.А. Кучерявый. – Львов: Вища школа, 1984. – 141 с.
9. Голосова, Е.В. Средообразующая роль городских насаждений разных структур (на примере центра г. Москвы): автореф. дис. ... канд с/х наук / Е.В. Голосова. – М., 1991. – 23 с.
10. Обрывкова, А.А. К методике изучения состояния древесных насаждений в условиях г. Астрахани / А.А. Обрывкова, Я.И. Мулкиджанян: науч. тр. – М.: МЛТИ, 1985. – Вып. 167. – С. 174–179.
11. Любавская, А.Я. Селекционная оценка древесных растений, применяемых для озеленения г. Москвы: Уч. пособие по дендрологии / А.Я. Любавская, О.Н. Виноградова. – М.: МОТИ. – 1983. – 128 с.
12. Котелова, Н.В. Оценка декоративности деревьев и кустарников по сезонам года / Н.В. Котелова, О.Н. Виноградова // Физиология и селекция растений и озеленение города: сб. научн. трудов. – М.: МЛТИ, 1974. – Вып. 51. – С. 37–44.
13. Фурсова, Л.М. Динамика возрастной декоративности древесных растений г. Астрахани / Л.М. Фурсова, А.А. Обрывкова // Вопросы защиты, охраны леса и озеленение городов. – М.: МЛТИ, 1987. – Вып. 188. – С. 86–90.
14. Боговая, И.О. Ландшафтное искусство / И.О. Боговая, Л.М. Фурсова. – М.: Агропромиздат, 1988. – 222 с.
15. Техническое творчество: теория, методология, практика. Энциклопедический словарь-справочник / Под ред. А.И. Половинкина, В.В. Попова. – М.: НПО «Информ – система», 1995. – 408 с.
16. Tate A. Great city parks. – London, 2004. – 218 p.

**К ВОПРОСУ РЕСТАВРАЦИИ ИСТОРИЧЕСКИХ ЦВЕТНИКОВ XVIII В. В РУССКИХ САДАХ И ПАРКАХ**

М.Ф. МАКСИМЕНКО, *Филиал ФГУП «Рослесинфорг» «Центрлеспроект», соискатель каф. ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства МГУЛ*

*maksimenko\_mf@mail.ru*

В процессе реставрации цветников в исторических садах и парках возникает вопрос о принадлежности того или иного вида к указанному периоду реставрации объекта. Анализ литературных источников и архивных исторических материалов позволил нам определить со значительной долей достоверности ассортимент цветочных растений, используемых в исторических цветниках до конца XVIII века.

В сжатой форме процесс освоения цветочного материала хронологически можно представить следующим образом:

I этап – допетровский; использование в основном растений местной флоры и некоторых традиционно ввозимых в Россию видов.

II этап – интенсивное введение в культуру растений, ввозимых из Европы и Америки.

III этап – освоение отечественной флоры.

Основной ассортимент декоративных растений в европейских странах вплоть до конца XIV – начала XV века был представлен преимущественно растениями европейской флоры, в меньшей степени – видами растений Передней Азии и Северной Африки. Ассортимент растений составляли васильки, маки, безвременник, шафран, лилии, резеда, нарциссы, фиалки, ирисы. Издавна были известны розы.

В конце XVI – начале XVII вв. через ботанические сады в практику декоративного

садоводства стали проникать виды растений Ближнего Востока, в основном разнообразные луковичные: тюльпаны, гиацинты, нарциссы, мышиные гиацинты, рябчик императорский, садовая ветреница, азиатский лютик.

В первой половине XVI в. европейцы познакомились с американскими растениями, главным образом пищевыми: табаком, подсолнечником, стручковым перцем, кукурузой.

Декоративные растения, попавшие в Европу позднее пищевых, были преимущественно уроженцами тропиков, и среди них настурция, мирабилис, бархатцы, а также растения атлантического побережья Северной Америки.

В начале XVII в. состав введенных в культуру североамериканских видов увеличился. Европейский ассортимент пополнился такими растениями, как рудбекия, монарда, гелениум, многолетние астры, канна. Интерес к североамериканским растениям возрастал по мере того, как выяснялись их высокие декоративные качества и хорошая устойчивость в условиях европейского климата. В XVIII веке в европейских садах появляются многолетние флоксы и американские лилии.

Большую роль в поисках и введении в культуру новых растений сыграли ботанические сады; многие из растений, успешно произрастающие в них, затем вошли в ассортимент растений открытого грунта.

В России первые упоминания о декоративных растениях относятся к середине XVII в. В описаниях кремлевских садов среди пищевых, пряных и лекарственных растений перечисляются также пионы, маки, однолетние дельфиниумы. В селе Измайлово при царе Алексее Михайловиче выращивали розы, белые лилии, махровые пионы, тюльпаны, гвоздику.

Начало XVIII в. ознаменовано царствованием Петра I, заложившего северную столицу и большие парковые ансамбли вокруг царских резиденций. Существовавший на тот период отечественный посадочный материал не мог удовлетворить возросшие потребности ни по количеству, ни по ассортименту.

Сохранилось большое количество документов, свидетельствующих о закупках огромного количества цветов, корней, луковиц, семян, а также декоративных кустарников для новых садов. Привезенные из Голландии, Швеции и

Германии растения подвергались суровым испытаниям петербургских зим, часто вымерзали, и только те, которые выживали, вносились в ассортимент растений открытого грунта.

Большую работу по привлечению в культуру новых растений вели основанные Петром I Аптекарские огороды: Московский и Петербургский. Московский, который впоследствии стал ботаническим садом Московского университета, был центром изучения полезных растений европейской части страны. Петербургский, в начале XIX века превратившийся в ботанический сад, испытал в своих питомниках многие растения Сибири, Средней и Центральной Азии и Дальнего Востока, значительную часть которых в сад передали известные русские ботаники и путешественники.

Первые обобщенные сведения об ассортименте цветочных растений, рекомендованных для выращивания в России, были опубликованы в статье «Общие замечания о цветах» в 1782 г. в журнале «Экономический магазин». Автор статьи – первый русский ученый агроном, просветитель и энциклопедист А.Т. Болотов.

В статье «Общие замечания о цветах» Болотов приводит список 60 наиболее часто выращиваемых в цветниках растений. Автор подчеркивает, что описывает растения «наиболее обыкновеннейшие», «кои в нашем отечестве уже многими заведены» и «во многих цветниках сеются и сажаются», дает им краткую характеристику, рекомендации по выращиванию и уходу.

Приведенный в статье перечень цветов, пригодных для выращивания в средней полосе России, не всегда можно идентифицировать, т.к. названия растений приведены на русском языке. Некоторые из них за годы, отделяющие нас от XVIII века, сменили имена, другие же вышли из употребления и известны в лучшем случае узкому кругу специалистов.

В 1988 г. вышли «Избранные труды» А.Т. Болотова, где авторами-составителями А.П. Бердышевым и В.Г. Поздняковым была предпринята попытка расшифровки растений, перечисленных в статье. Однако при этом был допущен ряд ошибок, которые исключают возможность использовать список А.Т. Болотова полностью.

Перечень растений, введенных в культуру до конца XVIII века

№ п/п	Русское название	Латинское название	Год введения в культуру
1.	Агератум, или Долгоцветка – мексиканский	<i>Ageratum L. – mexicanum Sims</i>	1733
2.	Аконит, или Борец клубучковый	<i>Aconitum L. – napellus L.</i>	ранее 1551
3.	Амарант – хвостатый	<i>Amaranthus L. – caudatus L.</i>	1568
4.	Антирринум – большой, или Львиный зев	<i>Antirrhinum L. – majus L.</i>	до 1567
5.	Астра – кустарниковая – новоанглийская – новобельгийская	<i>Aster L. – dumosus L.</i> <i>– novae-angliae L.</i> <i>– novi-belgii L.</i>	XVIII в. ок. 1700 1686
6.	Барвинок – малый	<i>Vinca L. – minor L.</i>	1306
7.	Бархатцы – прямостоящие – отклоненные – тонколистные	<i>Tagetes L.</i> <i>– erecta L.</i> <i>– patula L.</i> <i>– tenuifolia Cav.</i>	нач. XVI в. нач. XVI в. 1795
8.	Белоцветник – весенний	<i>Leucojum L. – vernum L.</i>	1420
9.	Василек – синий	<i>Centaurea L. – cyanus L.</i>	XVI в.
10.	Василистник – водосборолистный	<i>Thalictrum L. – aquilegifolium L.</i>	до 1720
11.	Вербена – канадская	<i>Verbena L. – canadensis (L.) Britt.</i>	1774
12.	Вечерница – матроны, или Ночная фиалка	<i>Hesperis L. – matronalis L.</i>	до 1500
13.	Водосбор, или Орлик – обыкновенный	<i>Aquilegia L. – vulgaris L.</i>	1373
14.	Волжанка, или Арункус – двудомная	<i>Aruncus Schaeffer – dioicus (Walt.) Fern.</i>	1623
15.	Вьюнок – трехцветный	<i>Convolvulus L. – tricolor L.</i>	1629
16.	Гадючий лук, или Мышиный гиацинт – гроздевидный – кистевидный	<i>Muscari Mill</i> <i>– botryoides (L.) Mill</i> <i>– racemosum (L.) Mill</i>	1576 1568
17.	Гайлардия – красивая	<i>Gaillardia Foug – pulchella Foug</i>	1787
18.	Гацания – жестковатая	<i>Gazania Gaertn – rigens (L.) Gaertn</i>	1755
19.	Гвоздика – бородатая, или турецкая – садовая – китайская – перистая	<i>Dianthus L.</i> <i>– barbatus L.</i> <i>– caryophyllus L.</i> <i>– chinensis L.</i> <i>– plumarius L.</i>	около XII в. до XIII в. 1705 1568
20.	Гелиотроп – перувианский	<i>Heliotropium L. – peruvianum L.</i>	1452
21.	Георгина – перистая	<i>Dahlia Cav. – pinnata Cav.</i>	в Европе с 1789
22.	Гиацинт – восточный	<i>Hyacinthus L. – orientalis L.</i>	в Евр. с 1562
23.	Гомфрена – шаровидная	<i>Gomphrena L. – globosa L.</i>	1714
24.	Горечавка – бесстебельная – ластовневая – желтая	<i>Gentiana L.</i> <i>– acaulis L.</i> <i>– asclepiadea L.</i> <i>– lutea L.</i>	ок. 1597 1629 ок. 1597
25.	Горицвет – кукушкин	<i>Coronaria Guettъ – flos-cuculi L.</i>	1599
26.	Дельфиниум, или Шпорник, или Живокость – Аясов – крупноцветковый	<i>Delphinium L.</i> <i>– ajacis L.</i> <i>– grandiflorum L.</i>	1573 1741
27.	Диморфотека – выемчатая	<i>Dimorphotheca Moench – sinuata DC.</i>	до 1798
28.	Дицентра – клубучковая – красивая	<i>Dicentra Bernh</i> <i>– cucullaria (L.) Bernh</i> <i>– formosa (Haw.) Walp.</i>	1731 1796
29.	Золотарник – канадский	<i>Solidago L. – canadensis L.</i>	1648
30.	Зорька – халкедонская, или Татарское мыло	<i>Lychnis L. – chalcedonica L.</i>	1561

Продолжение таблицы

№ п/п	Русское название	Латинское название	Год введения в культуру
31.	Иберис, или Стенник – зонтичный	<i>Iberis L. – umbellata L.</i>	1596
32.	Ипомея – пурпурная	<i>Ipomoea L. – purpurea (L.) Voigt</i>	1621
33.	Ирезине – Линдена	<i>Iresine P.Br. – lindenii Van Houtte</i>	1737
34.	Ирис, или Касатик – безлистный – германский – карликовый – сибирский – пестрый	<i>Iris L.</i> – <i>aphylla L.</i> – <i>germanica L.</i> – <i>pumila L.</i> – <i>sibirica L.</i> – <i>variegata L.</i>	1588 до IX в. 1588 до 1597 издавна
35.	Календула – лекарственная, или Ноготки	<i>Calendula L. – officinalis L.</i>	с XII в., махр. формы с XVI в
36.	Каллистефус – китайский, или астра однолетняя	<i>Callistephus Cass. – chinensis (L.) Nees</i>	1728
37.	Канна – индийская	<i>Canna L. – indica L.</i>	1596
38.	Клещевина – обыкновенная	<i>Ricinus L. – communis L.</i>	с XVI века
39.	Колокольчик – средний – персиколистный – широколистный	<i>Campanula L.</i> – <i>medium L.</i> – <i>persicifolia L.</i> – <i>latifolia L.</i>	до 1578 1554 1576
40.	Космос – дваждыперистый – серножелтый	<i>Cosmos Cav.</i> – <i>bipinnatus Cav.</i> – <i>sulphureus Cav.</i>	1799 1799
41.	Кохия – веничная	<i>Kochia Roth. – scoparia (L.) Schrad.</i>	1754
42.	Крестовник, или Цинерария – изящный – приморский	<i>Senecio L.</i> – <i>elegans L.</i> – <i>cineraria DC</i>	1700
43.	Купальница – азиатская – европейская	<i>Trollius L.</i> – <i>asiaticus L.</i> – <i>europaeus L.</i>	1759 1581
44.	Лаванда – колосовая	<i>Lavandula L. – spica L.</i>	до 1500
45.	Лебеда – садовая (в культуре только краснолистные формы)	<i>Atriplex L. – hortensis L.</i>	1596
46.	Лилейник, или Краснодев – бурожелтый – желтый – малый	<i>Hemerocallis L.</i> – <i>fulva L.</i> – <i>flava L.</i> – <i>minor Mill.</i>	до 1567 до 1567 1759
47.	Лилия – белоснежная – даурская – кудреватая	<i>Lilium L.</i> – <i>candidum L.</i> – <i>dahuricum Ker-Gawl.</i> – <i>martagon L.</i>	с древности до 1743 г. Петерб. бот. сад со средневековья
48.	Лобелия – темнокрасная – эринус	<i>Lobelia L.</i> – <i>cardinalis L.</i> – <i>erinus L.</i>	1626 1681
49.	Лобулярия – морская	<i>Lobularia Desv. – maritima (L.) Desv.</i>	сер. XVII в.
50.	Лунник – оживающий	<i>Lunaria L. – rediviva L.</i>	до 1597
51.	Люпин – многолетний	<i>Lupinus L. – perennis L.</i>	1637
52.	Люттик – азиатский, или садовый	<i>Ranunculus L. – asiaticus L.</i>	сер. XIII в. сорта с 1580
53.	Мак – голостебельный – восточный – самосейка	<i>Papaver L.</i> – <i>nudicaule L.</i> – <i>orientale L.</i> – <i>rhoeas L.</i>	1730 1700 1596

Продолжение таблицы

№ п/п	Русское название	Латинское название	Год введения в культуру
54.	Маргаритка – многолетняя	<i>Bellis L. – perennis L.</i>	с древности
55.	Маттиола – двурогая – седая, или Левкой	<i>Matthiola R.Br.</i> – <i>bycornis DC</i> – <i>incana R.Br.</i>	с XVI в. махров. сорта с XVI в.
56.	Мирабалис – ялапа	<i>Mirabilis L. – jalapa L.</i>	1582
57.	Мыльнянка – лекарственная	<i>Saponaria L. – officinalis L.</i>	с древности махр. форма с 1629
58.	Наперстянка – пурпурная	<i>Digitalis L. – purpurea L.</i>	с древности
59.	Нарцисс – жонкилля – поэтический – ложный – букетный, или Тацетт – трехтычинковый	<i>Narcisuss L.</i> – <i>jonguilla L.</i> – <i>poeticus L.</i> – <i>pseudonarcissus L.</i> – <i>tazetta L.</i> – <i>triandrus L.</i>	1565 до 1538 1500 1557 1579
60.	Настурция – большая – малая	<i>Tropaeolum L.</i> – <i>majus L.</i> – <i>minus L.</i>	1684 1570
61.	Недотрога – бальзаминовая, или Бальзамин	<i>Impatiens L. – balsamina L.</i>	1542
62.	Нивяник – обыкновенный, или Поповник, или Ромашка луговая	<i>Leucanthemum Mill – vulgare Lam.</i>	ок. 1500
63.	Нигелла, или Чернушка – дамасская	<i>Nigella L. – damascena L.</i>	1542
64.	Первоцвет – высокий – весенний – мучнистый – обыкновенный – опушенный – ушковый	<i>Primula L.</i> – <i>elatior (L.) Hill</i> – <i>veris L.</i> – <i>farinosa L.</i> – <i>vulgaris Huds.</i> – <i>pubescens Jacq.</i> – <i>auricula L.</i>	до XVI в. до XVI в. с XVI в. до XVI в. до 1582 с сер. XVI в.
65.	Перилла – нанкинская	<i>Perilla L. – nankinensis (Lour.) Decne</i>	ок. XVIII в.
66.	Пион – Марьин корень – лекарственный – молочноцветковый – тонколиственный	<i>Paeonia L.</i> – <i>anomala L.</i> – <i>officinalis L.</i> – <i>lactiflora PaL.</i> – <i>tenuifolia L.</i>	1788 до 1500 в Евр. 1784 1765
67.	Пиретрум – девичий	<i>Pyrethrum Zinn – parthenium (L.) Smith</i>	с древности
68.	Резеда – душистая	<i>Reseda L. – odorata L.</i>	1725
69.	Рудбекия – волосистая – рассеченная	<i>Rudbeckia L.</i> – <i>hirta L.</i> – <i>laciniata L.</i>	1714 1622
70.	Рябчик – императорский – шахматный	<i>Fritillaria L.</i> – <i>imperialis L.</i> – <i>meleagris L.</i>	1574 1572
71.	Сантолина – кипарисовидная	<i>Santolina L. – chamaecyparissus L.</i>	1539
72.	Синюха – голубая	<i>Polemonium L. – caeruleum L.</i>	с XVI в.
73.	Скабиоза – темнопурпуровая	<i>Scabiosa L. – atropurpurea L.</i>	1629
74.	Тюльпан – лесной – гибридный а) простые ранние б) махровые ранние в) лилиецветные г) махровые поздние	<i>Tulipa L.</i> – <i>sylvestris</i> – <i>hybrida</i> а) <i>Single Early Tulips</i> б) <i>Double Early Tulips</i> в) <i>Lilyflowered Tulips</i> г) <i>Double Late Tulips</i>	1568 конец XVII в. конец XVII в. конец XVI в конец XVII в.

№ п/п	Русское название	Латинское название	Год введения в культуру
75.	Фасоль – огненнокрасная, или Турецкие бобы	<i>Phaseolus L. – coccineus L.</i>	1635
76.	Фиалка – душистая – трехцветная – рогатая	<i>Viola L.</i> – <i>odorata L.</i> – <i>tricolor L.</i> – <i>cornuta L.</i>	с древности с XVI в. 1776
77.	Флокс – растопыренный – метельчатый – шиловидный	<i>Phlox L.</i> – <i>divaricata L.</i> – <i>paniculata L.</i> – <i>subulata L.</i>	1746 1732 1745
78.	Хейрантус – Лакфиоль или Желтофиоль	<i>Cheiranthus L. – cheiri L.</i>	с XII в.
79.	Целозия – гребенчатая, или Петуший гребешок – перистая	<i>Celosia L.</i> – <i>cristata L.</i> – <i>plumosa Hort</i>	сер. XVI в. II пол. XVI в.
80.	Цинния – изящная	<i>Zinnia L. – elegans Jacq.</i>	1796
81.	Цмин, или Гелихризум, или Бессмертник – прицветниковый	<i>Helichrysum Mill</i> – <i>bracteatum (Vent.) Wild.</i>	1799
82.	Чина – душистая, или Душистый горошек	<i>Lathyrus L. – odoratus L.</i>	1697
83.	Шалфей – серебристый – лекарственный – мускатный	<i>Salvia L.</i> – <i>argentea L.</i> – <i>officinalis L.</i> – <i>sclarea L.</i>	1720 1597 1597
84.	Шафран – весенний – прекрасный	<i>Crocus L.</i> – <i>vernus (L.) Wulf.</i> – <i>speciosus Bieb.</i>	1561 1800
85.	Шток-роза, или Мальва – розовая	<i>Althaea L. – rosea L.</i>	ранее 1440
86.	Эшшольция – калифорнийская, или Калифорнийский мак	<i>Eschscholria Cham. – californica Cham.</i>	1790

Ассортимент цветочных растений, приведенный в статье А.Т. Болотова «Общие сведения о цветах», является основным, исторически обоснованным и достоверным источником информации при воссоздании цветочного оформления на объектах садово-паркового искусства конца XVIII в. Однако этот перечень далеко не полный. На основании изучения архивных материалов [5–10] и литературных источников можно утверждать, что ассортимент цветов, употребляемых при оформлении садов и парков XVIII в., был значительно шире, особенно в богатых усадьбах и царских резиденциях.

В результате анализа изученных материалов автором был составлен перечень растений, которые, безусловно, могли быть использованы в цветочном оформлении садов.

Систематизация литературных и научных данных об ассортименте цветочных рас-

тений XVIII века позволяет расширить его более чем наполовину и в свою очередь сделать вывод о более разнообразном и пышном убранстве цветников, чем принято считать в настоящее время.

Вместе с этим, учитывая неточности в названии растений, приведенные в статье А.Т. Болотова, и сложности их расшифровки, следует сделать вывод о необходимости дальнейших исследований материалов А.Т. Болотова по приводимому им ассортименту.

Приведенный в таблице ассортимент цветочных растений имеет и практическое применение: дает возможность реставраторам с достаточной долей достоверности вводить его в исторические цветники.

#### Библиографический список

1. Болотов, А.Т. Общие замечания о цветах / А.Т. Болотов // Экономический магазин. Ч. XII. – 1782. – С. 353–365.

2. Полетико, О.М. Декоративные травянистые растения открытого грунта. Справочник по номенклатуре родов и видов / О.М. Полетико, А.М. Мишенкова. – Л.: Наука, 1967.
3. Головкин, Б.Н. Декоративные растения СССР / Б.Н. Головкин, Л.А. Китаева, Э.П. Немченко. – М.: «Мысль», 1986.
4. Аксенов, Е.С. Декоративные растения. Т. II (Травянистые растения). Энциклопедия природы России / Е.С. Аксенов, Н.А. Аксенова. – М., 1997.
5. Базилевская, И.А. Из истории декоративного садоводства и цветоводства в России / И.А. Базилевская // Труды Института истории естествознания и техники. – 1958. – Т. 24.
6. Забелин, И.Е. Московские сады в XVII столетии / И.Е. Забелин // Журнал садоводства. – 1856. – № 1.
7. Кожин, А.Е. Исторический очерк оранжерейного и тепличного разведения растений в России в XVII–XIX столетиях / А.Е. Кожин // Труды Ботанического института им. В.Л. Комарова Академии наук СССР. – 1955. – Вып. 4.
8. Снегирев, И.М. Опыт истории русских садов. О садах в Москве до XVIII века / И.М. Снегирев // Журнал садоводства. – 1842. – № 2.
9. Собчаков, В.И. Краткий очерк садоводства в Москве до Петра I / В.И. Собчаков // Журнал садоводства. – 1864. – № 4.
10. Столпянский, П.Н. Старый Петербург. Садоводство и цветоводство в Петербурге в XVIII веке / П.Н. Столпянский // Вестник садоводства, плодоводства и огородничества. – 1913. – № 7, 8.

## САМЫЕ ЗНАМЕНИТЫЕ ОБЪЕКТЫ ЛАНДШАФТНОГО, ДЕНДРОЛОГИЧЕСКОГО И САДОВО-ПАРКОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ОБЛАСТЕЙ РОССИИ

В.В. КРУГЛЯК, доц. каф. ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства ВГЛТА, канд. с.-х. наук

*kruglyak\_vl@mail.ru*

Удивительные по красоте и значимости объекты ландшафтного, дендрологического и садово-паркового строительства созданы во всех областях Центрального Черноземья. Среди большого количества таких объектов можно выделить ансамбль Хреновского конного завода №10 Воронежской области, музей-усадьбу С.В. Рахманинова Тамбовской области, Государственный мемориальный и природный музей-заповедник И.С. Тургенева «Спасское-Лутовиново» Орловской области, ФГУП-дендропарк «Лесостепная опытно-селекционная станция» Липецкой области.

Хреновской конный завод – один из старейших конезаводов в России. Здесь была выведена новая порода лошадей – орловский рысак. Завод в периоды расцвета был крупнейшим в России и в мире и являлся примером превосходного организованного коневодческого хозяйства. Комплекс его зданий – один из лучших ансамблей производственной архитектуры классицизма, связанный с творчеством знаменитого Доменико Жилярди [6].

Завод основан в 1778 г. графом Алексеем Григорьевичем Орловым – видным го-

сударственным и военным деятелем 2-й половины XVIII в.

В 1918 г. завод был национализирован. Сильно пострадал во время гражданской войны. От тысячного поголовья уцелело несколько десятков лошадей, остальные погибли от бескормицы во время эвакуации в Тамбовскую губернию. Хреновской конный завод – национальная гордость нашего государства. Конный завод расположен в селе Хреновое Бобровского района Воронежской области. Общая территория конезавода 130 га, из них жилая территория 56,8 га.

Хреновской конный завод является памятником архитектуры и садово-паркового искусства конца XVIII – начала XIX в. Охранная зона памятника находится за пределами поселковой черты. Основную площадь объекта занимают открытые пространства – 47 %, поляны с единичными деревьями – 27 %. Массивы в основном представлены старовозрастными деревьями и составляют 12,6 %. Такими насаждениями занято – 14,6 % от общей площади объекта. Общая площадь ценных исторических территорий, включающая ипподром и здания, составля-

ет 44,6 %. Территория, нарушающая историческую среду памятника, незначительная – 8,7 %. Нейтральные буферные полосы, занятые искусственными газонами и полянами, занимают 19,7 %.

Дендрологический состав древесной и кустарниковой растительности, произрастающей на территории объекта исследований, насчитывает 19 видов. Возрастной анализ насаждений позволяет выделить 4 периода формирования парка. В настоящее время в пределах исторической границы памятник несет многофункциональную нагрузку и имеет разнообразные функциональные зоны. В период развития конезавода исторически сложились следующие зоны его деятельности:

1. Территория коневодческих и животноводческих ферм (хозяйственная) на территории самого конного завода.
  2. Административно-хозяйственный центр (дом управляющего).
  3. Музейная территория.
  4. Зона спортивных и культурных мероприятий (территория церкви и северного парка).
  5. Жилая территория.
  6. Коммунально-складская территория.
- Композиционно-видовым центром является ипподром с круговым маршрутом видовых и панорамных точек [4].

Среди усадеб центральной России видное место занимает музей-усадьба С.В. Рахманинова Тамбовской области.

Ивановка была скромной русской усадьбой, принадлежавшей роду дворян Сатиных, ведущих происхождение от Рюрика. Все первоначальные работы по строительству, благоустройству и озеленению усадьбы были сделаны Сатиными [3].

Сергей Васильевич Рахманинов, щедро одаренный композитор, пианист и дирижер, один из виднейших представителей реалистического направления в русской музыке, тесными узами связан с Тамбовским краем. С 1890 по 1917 г. он почти каждую весну, лето, а часто и осень проводил в Ивановке, неподалеку от станции Ржакса.

Рахманинов любил ивановские сады, большой тенистый парк, пруды, широкий простор, чистый воздух и аромат прилега-

вших к усадьбе полей и лугов. Даже вдали от Ивановки он находился под ее очарованием. Она была любимым местом отдыха и его лучшей творческой лабораторией.

Ивановка принадлежала к типу усадеб средней руки. Она была расположена среди степи с небольшими перелесками, но в самой усадьбе был большой парк, а неподалеку, в степи – пруд примерно трехверстового диаметра. В центре парка стоял деревянный двухэтажный дом. Перед домом был большой двор с конюшней. Справа от двора – фруктовый сад с беседкой, обвитой диким виноградом. Рядом с домом и за домом – старый парк с аллеями, а в конце его – молодой парк с лужайками [9].

Усадьба сейчас состоит из собственного парка, верхнего и нижнего садов. Слева от входа березовая аллея, справа – посадки сирени и роз. В парке отчетливо просматриваются четыре аллеи: кленовая, тополевая, березовая и красная. Сохранилось много старых дубов, кленов, лип, ясеней, кустов сирени, акации, жимолости, бузины. Запруженный в двух местах овраг образовал два пруда. Недалеко открытая беседка – любимое место отдыха С.В. Рахманинова [10].

С 1982 года в Ивановке и Тамбове ежегодно проводятся музыкальные фестивали им. С.В. Рахманинова. Едут сюда к Рахманинову гости со всего мира.

Усадьба Спасское-Лутовиново, расположенная к северу от Мценска, связана с именем И.С. Тургенева. Тургеневские места – это не только Спасское, но и окрестные леса, поля, деревни. Названия этих мест – Бежин Луг, деревня Колотовка, где состязались тургеневские певцы, отражены на страницах «Записок охотника» и других произведений [7].

К настоящему времени планировочная структура парка не претерпела существенных изменений. На территории усадьбы сформировались многоярусные высокополнотные насаждения широколиственных пород. Они распространились по бывшим полянам и участкам, занятым прежде редкими группами декоративных или фруктовых деревьев. Сильно нарушен возрастной баланс насаждений. В усадебном парке довольно много мемориальных деревьев в возрасте 90 лет и более.

**Баланс территории музея-заповедника  
«Спасское-Лутовино»**

Наименование элементов	Площадь	
	м <sup>2</sup>	%
Здания (дом-музей, флигель, баня)	2800	0,70
Дороги	11046	2,76
Цветники	185	0,05
Водоемы	24860	6,22
Газоны	28931	7,24
Малые архитектурные формы	30	0,01
Насаждения		
Деревья		
Аллеи	10880	2,72
Массивы	115383	28,84
Куртины	16700	4,18
Одиночные посадки	1105	0,27
Фруктовые сады	66700	16,67
Кустарники		
Живая изгородь	123	0,03
Лабиринт	38570	9,64
Одиночные посадки	50	0,01
Ландшафтные группы	637	0,16
Огороды, пашни	82000	20,5
Всего	400000	100

Центральное место в композиции парка занимает главный усадебный дом. Реликвия Спасского парка – тургеневский дуб (известно, что его посадил 14-летний И.С. Тургенев). Дереву около 170 лет, его высота 25,5 м, а диаметр кроны на 19 скелетных сучьях достигает 28 м, что свидетельствует об искусственном формировании дуба специалистом высокой квалификации. Он стоит на большой открытой поляне, за ним растет старая лиственница, вокруг кустарники. Под дубом стояла деревянная скамья в кустах жасмина и роз.

В планировочном отношении наиболее важной аллеей парка является центральная протяженностью 200 м. Она выходит на берег Спасского пруда и заканчивается тройной липой. Аллея делит территорию парка на две части – восточную и западную, каждая из которых имеет свои ландшафтные особенности. Сохранение всех ценных насаждений заповедной усадьбы Спасское-Лутовиново и восстановление утраченных элементов декоративного оформления – задача вполне реальная и осуществимая [1].

Баланс территории музея-заповедника «Спасское-Лутовино» приведен в табл. 1.

28 августа 1987 г. усадьба получила статус Государственного мемориального и природного музея-заповедника И.С. Тургенева «Спасское-Лутовиново».

Указом президента РФ от 2 апреля 1997 г. «Спасское-Лутовиново», вместе с территорией и расположенными на ней памятниками истории и культуры, включено в Государственный свод особо ценных объектов культурного наследия народов Российской Федерации.

«Спасское-Лутовиново» – это музей, значительная часть экспонатов которого находится под открытым небом в заповедных тургеневских землях, это музей, в котором сохранена память о великом писателе, его жизни и творчестве [8].

18 июня 2004 г. исполнилось 80 лет со дня основания ФГУП-дендропарк «Лесостепная опытно-селекционная станция». Это уникальное научно-производственное учреждение было организовано на базе имения Арцыбашевых близ села Мещерского бывшего Ефремовского уезда Тульской области.

Профессор Дмитрий Дмитриевич Арцыбашев – ведущий в дореволюционной России специалист в области сельскохозяйственной техники и дендрологии, один из начинателей отечественного цветоводства, 40 с лишним лет внедрявший в практику озеленения самые последние на то время достижения мирового опыта. Уже в ранние годы увлечения парковой дендрологией, акклиматизацией и декоративным цветоводством ученый пробует себя как эксперт по оценке отечественных достижений в этих областях «зеленого строительства». В 1897 г. Д.Д. Арцыбашев приступил к первым собственным опытам по акклиматизации в России «заморских» растительных экзотов, обратив сначала внимание на хвойные породы – тую, сосну, пихту, дугласию, а позже стал привлекать бархаты, орехи, клены, каштаны, буки, липы, березы, розы, жимолости, сирени и т.д.

В 1900 г. в имении около села Мещерского Арцыбашев закладывает посадки из собранных со всего мира древесных и кустарниковых пород, декоративных лиан и цветочных культур. В поездках по странам мира

Д.Д. Арцыбашев знакомился с новейшими достижениями в области дендрологии, цветоводства, паркового хозяйства, собирал литературу, устанавливал контакты с учеными, приобретал посадочный материал и наладил регулярное получение каталогов семенного и посадочного материала.

На рубеже 1923–1924 гг., в период вхождения имения Арцыбашева в систему Всесоюзного института прикладной ботаники и новых культур, в нем насчитывалось более сотни видов, разновидностей и сортов акклиматизированных древесных, кустарниковых и цветочных экзотов из многих стран мира.

В лесостепной станции древесные и кустарниковые породы испытываются в дендрарии, парковых культурах, коллекциях туйетума, в опушках и изгородях, лесных опытных культурах в маточно-селекционных насаждениях. Баланс территории ФГУП дендрологический парк ЛООС приведен в табл. 2.

1. Коллекционный участок, его площадь равна 0,25 га. Из древесного питомника растения по небольшому количеству переносятся в коллекционный участок. Сейчас в коллекционном участке наблюдается более 600 растений.

Т а б л и ц а 2

**Баланс территории ФГУП дендрологический парк ЛООС**

Наименование элементов	Площадь	
	га	%
Отдел массового размножения	379	70
Интродукционный питомник	6	1
Дендрарий	10,5	2
Новый дендрарий	5	1
Парк	4	1
Фрутицетум, туйетум	0,65	0,1
Сквер	0,35	0,1
Лесные опытные культуры	35	6
Опушки, защитные полосы, живые изгороди	3	0,6
Маточно-селекционный участок	14	2,5
Маточники красивоцветущих кустарников	3	0,6
Участок отводкового размножения	0,5	0,1
Естественные лесные насаждения	52	10
Дороги, строения, усадьбы	29,5	5
Всего	542	100

2. Туйетум был заложен на площади 0,25 га в 1928 г. на юго-западном склоне долины, в нижней его части. В него были высажены различные формы туй, выращенные из черенков. Коллекция туйетума насчитывает 21 форму туй западной. По принципу использования в ландшафтной архитектуре сорта туй западной можно разделить на 3 группы: для живой изгороди, карликовые (для рокариев и альпинариев) и солитерные (одиночные посадки).

3. Парк занимает около 4 га. К моменту организации станции в нем имелось сомкнутое насаждение ели обыкновенной 25-летнего возраста.

4. Плодовый питомник и плодовый сад. Плодовый питомник был заложен в 1924 г., и его площадь сейчас занимает 1,05 га. Плодовый сад имеет площадь 5,88 га. Здесь произрастают лучшие сорта яблонь и груш.

5. Сквер был заложен в 1931 г. Здесь размещены главным образом красиво цветущие кустарники и некоторые древесные растения.

6. Фрутицетум заложен в 1931 г. на площади 0,40 га. Здесь выращиваются только кустарники: спиреи, кизильники, шиповники, барбарисы, вейгела, гортензии, керрия и др.

7. Лесной опытный участок в балке и на плато. Под него в 1925 г. была отведена суходольная лесная балка площадью около 50 га, занятая порослевым осинником с подростом дуба и дубняками 50-летнего возраста. Под лесными культурами хвойных пород занято 7,5 га.

8. Опытный географический участок площадью 0,30 га. Он заложен для более глубокого изучения важнейших групп древесных растений.

9. Маточно-семенные насаждения хвойных пород: все коллекционные культуры хвойных пород одновременно являются и маточниками (так и для лиственных). Деревья здесь посажены на расстоянии 7×7 и 10×10 м в зависимости от породы.

10. Опушки, защитные полосы и живые изгороди из хвойных пород. Хвойные породы в ЛООС широко испытываются в защитных лесных полосах, опушках, аллеях и живых изгородях.

**Живые стены, живые изгороди, бордюры и их состояние на ЛООС**

Наименования пород	Общая длина изгороди, м	Возраст растений, лет	Число рядов	Ширина изгороди, см	Среднегодичн прирост, см	Просвечиваемость по высоте 50–150 см, %
Айва японская низкая	27	25	2	268	4	14
Аморфа кустарниковая	52	25	2	-	5,4	9
Барбарис пурпурный	50	24	2	158	5,6	29
Бирючина обыкновенная	52	25	2	143	5,6	13
Боярышник вишнелистный	50	12	2	112	9,3	15
Вяз обыкновенный	100	19	2	335	27	64
Ель обыкновенная	560	24	3	210	7,8	-
Кизильник блестящий	50	23	1	275	10	2
Магония падуболистная	170	27	3	180	2,6	-
Плоскосемянник китайский	48	20	2	109	4,4	13
Снежнаягодник белый	17	22	1	290	7,3	-
Спирея Бумольда	50	24	1	82	2,3	-
Туя западная	404	23	1	177	16,2	9
Чубушник крупноцветковый	18	23	1	119	7,3	4
Шелковица белая	52	24	2	116	4,3	-
Шиповник краснолистный	52	21	2	240	10,4	43
Яблоня сибирская	229	26	2	487	18	29

Живые изгороди из ели канадской и обыкновенной туи западной с первых лет их культуры регулярно стригут, и в настоящее время они являются лучшими по декоративности изгородями станции. Очень декоративна аллея из лиственницы Сукачева, созданная по границе участка станции [2,5].

11. Производственный питомник. Интенсивно протекавшие в начальный период деятельности ЛООС работы по интродукции сопровождались значительным пополнением постоянных коллекций новыми древесными породами, часть которых вступила в пору плодоношения. Здесь выращивается до 150 пород с ежегодным выходом для реализации более 300 тыс. саженцев.

12. Дендрарий является важнейшим коллекционным и опытным участком, в котором сосредоточены почти все имеющиеся на станции древесные и кустарниковые породы. Он был заложен в 1926 г. в более однородных условиях для сравнительного изучения биологических особенностей этих пород: зимостойкости, засухоустойчивости, роста, цветения, плодоношения, естественного возобновления, воздействия на почву и растительный покров. Дендрарий заложен в виде ландшафтного парка. Вся коллекция деревьев и кустарников расположена по гео-

графическому принципу с выделением 9 отделов.

13. Новый дендрарий находится на стадии проектирования. Он будет служить образцом интродукционной работы станции. Здесь планируется высадить растения, ставшие уже репродукентами и достигшие высокого декоративного качества.

Живые стены, живые изгороди, бордюры и их состояние на ЛООС приведено в табл. 3.

Основными направлениями научной деятельности ФГУП-дендропарк ЛООС является интродукция растений, наблюдения над ними, выявление различных способов вегетативного размножения (в условиях искусственного тумана, отводками, корневыми отпрысками, одревесневшими черенками), производство посадочного материала для озеленения городов и сел, закладка парков, пополнение коллекций ботанических садов и дендрариев России, ближнего и дальнего зарубежья.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. На территории Центрально-Черноземных областей России (Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой, Тамбовской, Орловской) расположено значительное

количество уникальных объектов ландшафтного, дендрологического и садово-паркового строительства, которые являются достоянием России и мирового культурного наследия.

2. Реставрация архитектурных памятников зоны туристического показа, реконструкция липовых аллей и других элементов древесной и кустарниковой растительности, создание цветников различной конфигурации являются первоочередными мероприятиями по восстановлению ценнейшего исторического объекта Воронежской области Хреновского конного завода №10.

3. Изучение современного состояния природного комплекса и всесторонних биологических связей в насаждениях Государственного мемориального и природного музея-заповедника И.С. Тургенева «Спасское-Лутовиново» за период, прошедший с момента мемориализации, и соответствие ландшафтного облика его виду в период мемориализации требуют документального и научно обоснованного подхода ко всем объектам или определенным элементам природного окружения.

4. Уникальные объекты ландшафтной архитектуры России требуют самого тщательного анализа всех источников, имеющих в распоряжении специалистов, основными среди которых являются картографические, письменные, иконографические, археологические и гидротехнические с сохранением наиболее

ценных насаждений, восстановлением утраченных элементов композиции и ландшафтов парков с последующим благоустройством объекта и всей охранной территории.

### Библиографический список

1. Агальцева, В.А. Сохранение мемориальных лесопарков / В.А. Агальцева. – М.: Лесная пром-сть, 1980. – 254 с.
2. Вехов, Н.К. Живые изгороди и бордюры / Н.К. Вехов. – М.: Изд-во Мин-ва коммунального хозяйства РСФСР, 1957. – 128 с.
3. Ивановка. Времена. События. Судьбы. Альманах. Труды музея-усадьбы С.В. Рахманинова – М.: Изд-во фонда Ирины Архиновой, 2003. – 190 с.
4. Кругляк, В.В. Ландшафтное проектирование садов и парков Центрально-Черноземного региона / В.В. Кругляк. – Воронеж: ВГЛТА, 1999. – 172 с.
5. Кузьмин, М.К. Деревья и кустарники Лесостепной опытно-селекционной станции / М.К. Кузьмин. – Воронеж: Центрально-Черноземное книжное изд-во, 1969. – 75 с.
6. Материалы Свода памятников истории и культуры Российской Федерации. Вып. 2. Ч. I. Воронежская область (Бобровский, Бутурлиновский, Воробьевский районы). – М.: ИТАР-ТАСС, 1993. – 144 с.
7. Низовский, А.Ю. Усадьбы России / А.Ю. Низовский. – М.: Вече, 2005. – 320 с.
8. Русские провинциальные усадьбы / Сост. Р.В. Андреева, Л.Ф. Попова. – Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края, 2001. – 496 с.
9. С.В. Рахманинов в Ивановке. Сборник материалов и документов. – Воронеж: Центрально-Черноземное книжное изд-во, 1971. – 298 с.
10. С четырех сторон Россия... Тамбов, ОГУП «Тамбовполиграфиздат», 2003. – 312 с.

## ВЛИЯНИЕ ТИПОВ ПАРКОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ШУМОВОЙ РЕЖИМ ПАРКА 50-ЛЕТИЯ ОКТЯБРЯ В г. МОСКВЕ

А.Г. ЛУКЬЯНЕЦ, *ст. преп. каф. садово-паркового и ландшафтного строительства МГУЛ*,  
В.С. ТЕОДОРОНСКИЙ, *проф. каф. садово-паркового и ландшафтного строительства МГУЛ, д-р с.-х. наук*

*teodoronskiy@mgul.ac.ru*

**В** настоящее время шумовое загрязнение стало одной из важных проблем городов.

Шум – это экологически вредный фактор, сравнимый по всей опасности с загрязнением атмосферы и гидросферы. Установлено, что шум в 20–30 дБА безвреден для человека и представляет собой естественный звуковой фон. Разрушение слуха у человека начинается

при 90 дБ (шумовой порог). А по данным Всемирной организации здравоохранения, человек не может полноценно отдохнуть при уровне громкости звуков более 40 дБ.

В практике зеленого строительства до сих пор есть мнения, что зеленые насаждения эффективны в борьбе с городскими шумами. Подтверждением этому служит статья

О.Н. Ворониной (2008) «Парки и социальные проблемы начала XXI века».

В нашей стране исследование шумозащитных свойств зеленых насаждений началось с 1933 г. В работах отображены разные методы исследования акустических свойств зеленых насаждений:

- при помощи создания искусственной модели дерева, путем развешивания ветвей на проволоке [3];
- на полезащитных полосах [2];
- в лесонасаждениях [4];

В 1977–1988 гг. предпринимались попытки схематично показать зоны влияния загрязнения (концентрации  $\text{NO}_2$ , уровня звука) на парковую территорию в зависимости от их площади и графически показывали зависимости шума от расстояния [5].

Исходя из результатов исследования остаются нерешенными задачи:

1. Насколько эффективны шумопоглощающие свойства зеленых насаждений парка, расположенного в мегаполисе.
2. Как влияет размещение типов парковых насаждений (ТПН) на уровень шума на территории парка.
3. Возможно ли снижение шума до нормы, предусмотренной СН 2,2,4/2,1,8,562-96.

Нами была поставлена задача определить влияние ТПН различного состава и структуры на уровень шума, непосредственно распространяемого по территории парка от проезжих частей магистралей и улиц. Объектом решения поставленных задач выбран городской парк, расположенный на юго-западе г. Москвы, площадью 24 га (парк 50-летия Октября).

В основу методики исследования положены особенности объемно-пространственной структуры парка. Основной составляющей единицей измерения насаждений в парках является тип парковых насаждений: массив, куртина, группа, аллея, рядовая посадка, живая изгородь. Их размещение по территории играет важную роль с точки зрения создания комфортной среды.

В качестве исходных данных для исследования был взят топографический план парка в масштабе 1:1000. На плане путем натурных обмеров были установлены координаты

(точки) размещения растений, контуры ТПН и дорожно-тропиночной сети. На основе анализа расположения ТПН и планировочной структуры парка на нем выбирались местоположение точек фиксации уровня шумового загрязнения (рис. 1). Местоположение точек определялось следующим образом:

- по периметру парка в метре от источника шума (автодорога);
- за рядовыми посадками вблизи источника шума;
- внутри массива на разном удалении от источника шума;
- на открытом пространстве за разными ТПН;
- на участках, свободных от насаждений, но на разном удалении от источника шума;
- по всей территории парка, на разном удалении от источника шума в зависимости от ТПН.



Рис. 1. Схема расположения точек фиксации на плане: 1 – точка фиксации уровня шума, дБА; 2 – ТПН; 3 – источник шума

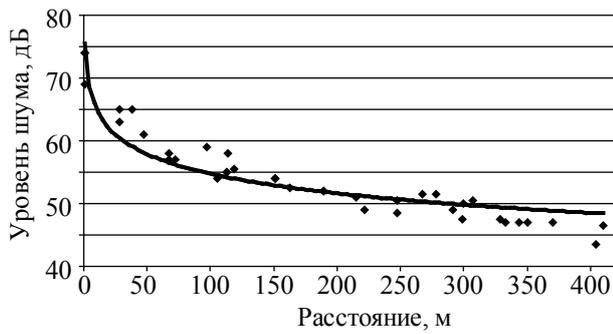


Рис. 2. Кривая, показывающая проникновение автотранспортного шума на парковую территорию

В этих точках прибором Октава 110А производилось измерение шума в дБ. Данный прибор позволяет фиксировать значения шума с точностью до десятых. Измерения проводились по стандартной методике в режиме «импульс–заполнен», предназначенном для определения измерения сильно колеблющихся или непродолжительных шумов. Прибор откалиброван для фронтального входа звука плоского звукового поля, т.е. микрофон указывает направление источника шума. При взятии показаний прибор держался на вытянутой руке с целью достижения возможно низкой погрешности и с наклоном относительно горизонтальной плоскости 15° (для удобства работы). Высота измерений – 1,5 м над поверхностью. Продолжительность измерения в каждой точке определялось условием измерения: наличием помех (в случае ветра на микрофон надевался ветрозащитный колпачок), стабильностью работы источника шума (ГОСТ 20444–85).

Необходимый объем выборки устанавливался на основании ранее проведенных наблюдений. С помощью статистического анализа полученных данных определяется минимальный объем выборки исходя из определенных требований к надежности и достоверности получаемых результатов. В каждой точке подряд записывалось 13 импульсов.

Замеры у источника шума проводились на расстоянии 7,5 м от оси первой полосы движения и на расстоянии 50,0 м от перекрестков, остановок общественного транспорта и светофоров.

Шум от автотранспорта непостоянен и зависит от времени суток. Для установления времени проведения замеров проведен ана-

лиз рекреационной нагрузки по часам с 9.00 до 21.00. В результате выявлено, что наиболее посещаемые периоды с 10.00 до 12.00 утра и с 17.00 до 19.00 вечера.

В процессе измерения отмечено, что шум в точках вдоль автодорог непостоянен и колеблется от 69 дБА до 74 дБА. Это связано со скоростью движения транспортного потока, который в свою очередь зависит от работы светофора и загруженности автодорог.

Анализ шумового режима парковой территории начинался с анализа показателей уровня шума в установленные периоды времени. Неоднократные измерения в утренние и вечерние часы показали, что разница несущественна и составляет от 1 до 2 дБА, а в некоторых точках фиксации уровень шума совпадал. Поэтому в дальнейшем исследовании решено за основу взять средние значения показателей уровня шума в периоды максимального посещения.

Составлены таблицы, учитывающие расстояние от источника до точки.

Анализ уровня шума с учетом расположения ТПН на плане показал, что только в восьми точках фиксации уровень шума приближается к норме 45 дБА и составляет от 48 до 44 дБА.

Дальнейший анализ сводился к изучению структуры ТПН и открытого пространства на снижение уровня шума. Выбраны точки 2 и 11, 6 и 19, находящиеся на расстоянии 113,0 м и 151,0 м средней удаленности от источника шума. Составлено описание учета особенностей структуры ТПН. Для точки 2 описание имеет вид:

$$\text{ИШ-О}(15,0)+\text{И+P}(4,5)+\text{O}(24,0)+\text{M}_{\text{куст}} 0,98(13)[4,0 \times 3,0]+\text{O}(50,0) - 55\text{дБА},$$

где ИШ – источник шума;

О – открытое пространство;

И – изгородь;

М – массив;

Р – рядовая посадка;

А – аллея;

$\text{M}_{\text{куст}}$  – наличие кустарникового яруса в насаждении;

(15,0) – расстояние, м;

0,98 – полнота насаждения;

[4,0×3,0] – шаг посадки, м;

54дБ – уровень шума в точке фиксации.

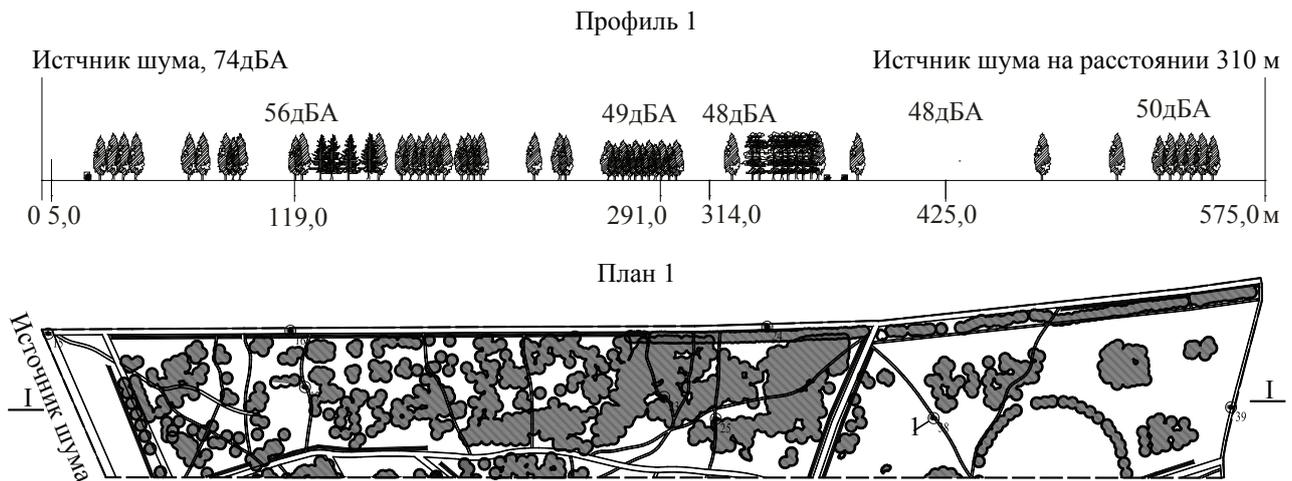


Рис. 3. Влияние зеленых насаждений на шумовой режим парковой территории в зависимости типов парковых насаждений и расстояния до источника шума. Разрез 1-1: 1 – точка фиксации уровня шума

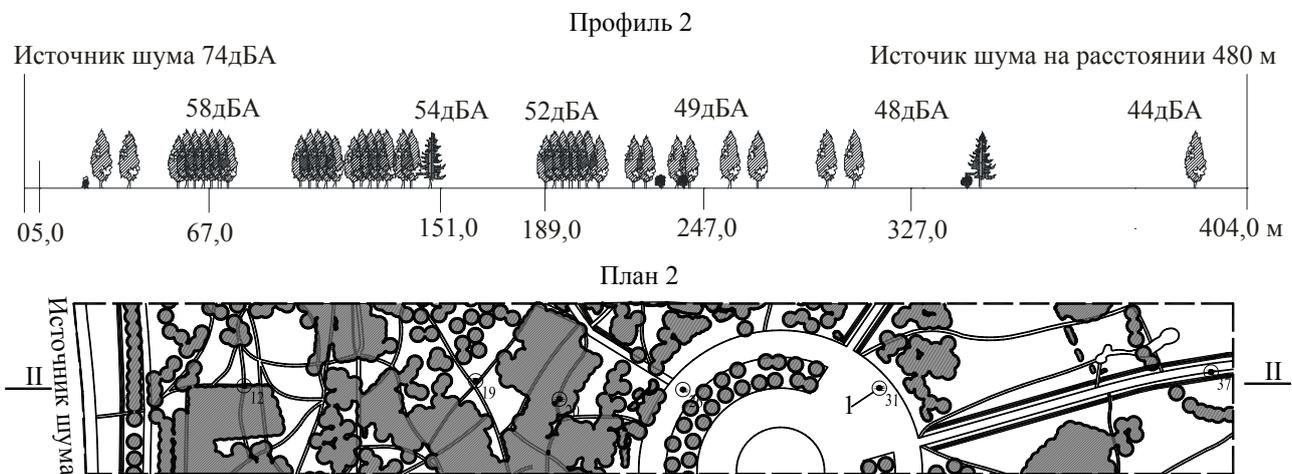


Рис. 4. Влияние зеленых насаждений на шумовой режим парковой территории в зависимости типов парковых насаждений и расстояния до источника шума. Разрез II-II: 1 – точка фиксации уровня шума.

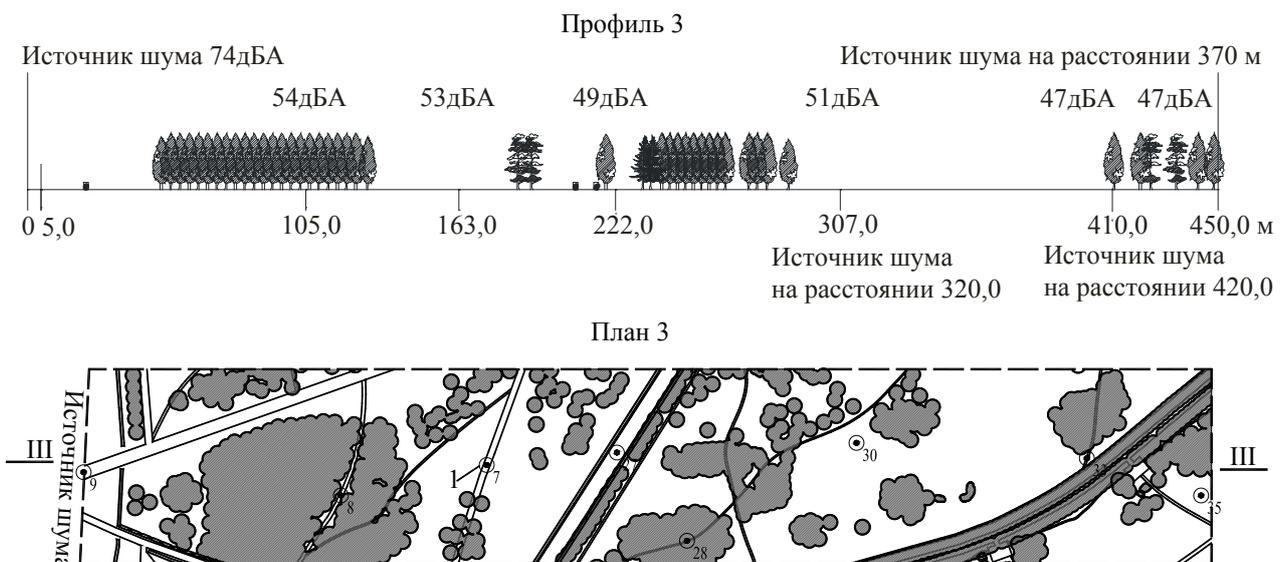


Рис. 5. Влияние зеленых насаждений на шумовой режим парковой территории в зависимости типов парковых насаждений и расстояния до источника шума. Разрез III-III: точка фиксации уровня шума

– точка 11

ИШ-О(15,0)+И+Р(4,5)+  
+М0,8(107,0)[2,5×3,0] – 55дБА;

– точка 6

ИШ-О(15,0)+И+Р(4,5)+  
+М1,0(20,0)[4,0×3,0]+О(50,0)+  
+М0,65(56,0) [4,5×4,5] – 54дБА;

– точка 19

ИШ-О(15,0)+И+Р(4,5)+  
+М0,8(45,0)[4,0×4,0]+О(30,0)+  
+М0,9(51,0) [2,5×3,0] – 54дБА.

Из анализа представленных описаний видно, что при разной структуре и расположении ТПН установлен сравнительно однородный уровень шума на равном удалении от автодороги.

Используя план в масштабе 1:1000 в точках фиксации уровня шума, записываем значения показателей в дБА для того, чтобы понять, почему шум снижается до нормы только в одной точке. Анализируя их размещение относительно ТПН, видим, что по мере удаления от ул. Удальцова (источник шума) вглубь паркового массива на расстоянии 291,0 м значения показателей уровня шума уменьшаются до 49 дБА. Потом опять возрастает до 50 дБА, так как с северо-восточной стороны проходит ул. Марии Ульяновой на расстоянии 310,0 м, хотя она вплотную не подходит к территории парка, однако оказывает существенное влияние (рис. 3). Анализ профиля 2 показывает, что уровень шума снижается до 44 дБА на расстоянии 404,0 м, так как ул. Марии Ульяновой проходит на расстоянии 480,0 м (рис. 4). Таким образом, несмотря на разные характеристики ТПН, шум от автотранспорта не снижается до нормы, предусмотренной санитарными нормами.

Для достоверности сделанных выводов построены точечный график и линия нелинейной регрессии зависимости шума внутри насаждений от расстояния (рис. 2). Из графика видно, что наибольшей способностью поглощать шумы обладают насаждения до 100,0 м и снижают уровень шума на 20 дБА. При дальнейшем увеличении длины

зеленых насаждений от 100,0 до 400,0 м уровень шума снижается только на 9 дБА.

Установить разницу уровня шума между точками внутри насаждения и без насаждений в городских условиях очень трудно. В городе нет открытых пространств для измерения шума с теми же условиями. Такие работы были проведены ранее [1].

Рассчитано корреляционное отношение и показатель точности опыта. Корреляционное отношение равно 0,8905, что говорит о тесной взаимосвязи между признаками. Точность опыта 2,18 %.

В современных градостроительных условиях, при окружении паркового пространства автодорогами, шумопоглотительная эффективность зеленых насаждений снижена. Не только периферийные участки парка находятся в зоне постоянного шума, но и в центральной части он не снижается до необходимой нормы. Это возникает вследствие воздействия источника шума со всех сторон парка. В результате образуется зона суммирования шума. Структура и расположение ТПН на территории данного парка, данных размеров не играют существенной роли в снижении уровня шума.

#### Библиографический список

1. Архитектурная композиция садов и парков / Центр. н.-и. и проект. ин-т по градостроительству; Под общ. ред. А.П. Вергунова. – М.: Стройиздат, 1980. – 254 с.
2. Болховитина, М.М. Исследование влияния зеленых насаждений на снижение шума городских территорий: дис. ... канд. с./х. наук / М.М. Болховитина. – Л., 1977. – 148 с.
3. Осин, В.А. Исследование влияния зеленых насаждений на снижение шума в городах: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.А. Осин. – М., 1961. – 20 с.
4. Машинский, Л.О. Город и природа / Л.О. Машинский. – М.: Стройиздат, 1973. – 225 с.
5. Чистякова, С.Б. Охрана окружающей среды / С.Б. Чистякова. – М.: Стройиздат, 1988. – 272 с.
6. ГОСТ 20444-88. «Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики». – Взамен ГОСТ 20444-75; Введ. 01.01.1986. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 26 с.

## ПРОБЛЕМЫ ОЗЕЛЕНЕНИЯ п. НИКЕЛЬ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

А.С. АЛЕКСЕЕВ, *проф. каф. лесной таксации, лесоустройства и ГИС СПбГЛТА, д-р геог. наук,*  
И.А. МЕЛЬНИЧУК, *доц. каф. садово-паркового и ландшафтного строительства СПбГЛТА,*  
*канд. с.-х. наук,*

Т.А. ТРУБАЧЕВА, *асс. каф. садово-паркового и ландшафтного строительства СПбГЛТА,*  
К.А. ПИМЕНОВ, *инженер каф. садово-паркового и ландшафтного строительства СПбГЛТА,*  
А.С. КРЮКОВСКИЙ, *асп. каф. садово-паркового и ландшафтного строительства СПбГЛТА*

*a\_s\_alekseev@mail.ru; melnichuk. irina@gmail; kirill-ka@yandex.ru; yhteys@inbox.ru*

**О**зеленение населенных мест на севере имеет декоративное, микроклиматическое и общеоздоровительное значение. Оно способствует акклиматизации населения, компенсируя недостаточность естественных насаждений и продолжительность зимнего сезона [1].

Зеленые насаждения в условиях Крайнего Севера играют важнейшую роль, влияя на микроклимат, а также снижая отрицательное воздействие загрязнения на экологическую обстановку промышленных городов и поселков, где неблагоприятные климатические и почвенно-гидрологические характеристики затрудняют создание системы зеленых насаждений в селитебных зонах. Особенно важно сохранять насаждения на территориях промышленных предприятий и поселков, находящихся в непосредственной близости от источников техногенного загрязнения [1].

Основным требованием к планировке северного города является его возможная компактность. Этого можно достичь за счет:

- сближения функциональных зон города путем ограничения разрывов между ними и зонами санитарной вредности;
- использования зон санитарных разрывов для расположения отдельных предприятий, коммунально-складских устройств и других объектов [2].

С учетом основного принципа планировки северных городов структурное и композиционное построение п. Никель представляет собой комплексный промышленно-селитебный район, т.е. жилые образования связаны с местом приложения труда. Присутствие градообразующего предприятия обусловило особенность функционального зонирования территории – расположение промышленных предприятий за пределами застройки [3].

Необходимость проведения анализа системы зеленых насаждений возникла в связи с тем, что летом 2007 г. здесь сложились неблагоприятные метеорологические условия, способствующие накоплению диоксида серы в атмосферном воздухе. В этот период преобладал ветер северо-восточного направления, переносивший загрязненные воздушные массы от комбината «Печенганикель» на поселок.

Действие токсичных поллютантов, содержащихся в воздухе в больших количествах, привело к отмиранию значительной части листвы зеленых насаждений, находящихся под факелом выбросов плавильного цеха и в направлении движения воздушных масс. Жизнеспособность и декоративность насаждений резко снизились.

Программой исследований предусматривалось выполнение следующих этапов:

- проведение инвентаризации зеленых насаждений и оценка их состояния;
- анализ существующей системы благоустройства, в том числе объектов озеленения в поселке;
- разработка рекомендаций по восстановлению и созданию зеленых насаждений общего пользования;
- разработка рекомендаций по созданию специальных зеленых насаждений в санитарно-защитной зоне.

Объект исследований – поселок Никель расположен на границе с Норвегией и Финляндией на севере Мурманской области. Основным градообразующим предприятием является медно-никелевый комбинат ОАО «Кольская ГМК».

Металлургическое производство действует на окружающую среду особенно сильно, вызывая деградацию ландшафтов и нанося ущерб здоровью людей [4]. Основными

загрязняющими веществами являются тяжелые металлы: Ni и Cu, а также сернистый газ (диоксид серы).

Для нанесения зеленых насаждений на карту-схему п. Никель для дальнейшего исследования пространственного распространения загрязнения были использованы ранее привязанная к географическим координатам карта и приборы спутниковой навигации GPS производства фирмы Garmin.

Инвентаризация производилась на предварительно откорректированном плане (М 1:2000) каждого участка.

В ходе инвентаризации учитывались следующие параметры: породы и количество растений, диаметр ствола дерева на уровне груди, диаметр кроны дерева и кустарника, высота, состояние. Обследовано около 60 га зеленых насаждений. Детально обследовано 4818 деревьев и 1350 кустарников

Живой напочвенный покров учитывался на площадках радиусом 1,78 м. Площадки закладывались в 3 зонах с различной степенью поражения насаждений техногенными выбросами. На площадках определялся видовой состав, отдельно по мхам и травянистым растениям.

Состояние конструктивных элементов на объектах оценивалось по общепринятым методикам, изложенным в Правилах создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городах Российской Федерации, утвержденным Приказом Госстроя России от 15 декабря 1999 г. № 153 [5].

Поселок Никель расположен на спокойной по рельефу местности, равномерно спускающейся к речке Колосйоки. С востока к селитебным районам без достаточного разрыва примыкает территория комбината. Поселок формируется из небольших кварталов. Центральная часть, наиболее приближенная к комбинату, застроена капитальными 2–3-этажными домами, далее – 5-этажная застройка и в юго-западной части – 9-этажные дома. Главная магистраль – Гвардейский проспект – пересекает его с северо-востока на юго-запад. На северо-западе размещается спортивный комплекс.

На существующем генплане видно, что селитебная зона должна была распро-

страниться за речку, планировались также резервные территории жилой и общественной застройки. В разных районах были запланированы объекты зеленых насаждений общего пользования, коллективные сады. Вдоль русла речки планировалось создание парка, который стал бы основным местом круглогодичного отдыха населения. За пределами поселка по берегам реки была спроектирована водоохранная зона как часть санитарно-защитной зоны. Насаждения зоны с трех сторон должны были опоясывать поселок, создавая условия, приближенные к комфортным.

К сожалению, большая часть этого плана не была воплощена. Имеющиеся зеленые насаждения представлены в основном внутриквартальными, точнее придомовыми зелеными посадками и насаждениями улиц. В поселке отсутствует крупный объект ландшафтной архитектуры (парк), который мог бы стать центром отдыха жителей в течение всего года.

При норме площади зеленых насаждений на 1 жителя в северных городах 70 м<sup>2</sup> фактически на сегодняшний момент на каждого жителя п. Никель приходится по 20,3 м<sup>2</sup>.

Климатические условия в данной зоне формируются под влиянием Атлантического океана (Северо-Атлантическое течение). Поэтому основными признаками, определяющими условия существования людей и растений, являются:

- неустойчивая погода, частые прорывы масс холодного воздуха из центральной Арктики, относительно суровая зима ( $t_{cp}$  по январю –8 –9 °С), короткое прохладное лето ( $t_{cp}$  по июлю 11 °С), большая облачность, метели, туманы, гололед;
- в любой из летних месяцев возможны заморозки на почве и снегопады;
- островной характер вечной мерзлоты;
- низкая относительная влажность воздуха: в самый холодный месяц – 86 %, в самый теплый – 66 %;
- дни со скоростью ветра более 12 м/сек – около 25 %;
- снегоперенос – до 1000 м<sup>3</sup>;
- инверсия температур – на склонах гор температура выше, чем в долинах (зимой

стекает холодный воздух, летом из-за низкого стояния полярного солнца [6];

– почвы характеризуются малой мощностью всего профиля (8–10 см), низким содержанием органического вещества, кислотность в пределах города ниже (рН около 5–6), за пределами города выше (рН около 3–4), наблюдается оглеение почвы.

Самый неблагоприятный комплекс условий, который складывается для растений, это сильный ветер в сочетании с низкой влажностью воздуха, который действует в течение всего года. Сильный ветер способствует переносу снежных масс и оголению поверхности почвы в зимний период.

Положение усугубляется и тем, что поллютанты, содержащиеся и в воздухе, и в почве вызывают нарушение водного обмена и минерального питания растений. В комплексе все это приводит к образованию зимних ожогов коры и летних ожогов листьев. В результате самыми опасными для растений оказываются первые 5–6 лет, когда они адаптируются в послепосадочный период.

Изучение содержания загрязняющих веществ в образцах почв, побегах и листьях древесно-кустарниковых растений и опаде травянистых растений проводилось в 2007–2008 гг.

Наиболее высокое содержание тяжелых металлов в абсолютных значениях выявлено в образцах почв, а наиболее высокое содержание серы в опаде листьев и ветвях. Это связано со способностью тяжелых металлов образовывать в почве труднорастворимые соли с органическими кислотами. Сернистый газ, обладая большой активностью и подвижностью, воздействует на ассимиляционный аппарат, и признаки поражения быстро проявляются в виде краевого ожога [7], поэтому наиболее высокое содержание серы отмечено

в побегах и листьях древесно-кустарниковой растительности.

Исходя из полученных результатов обследования насаждений можно утверждать, что состояние насаждений зависит не только от количества загрязнителей, но и определяется совокупностью нескольких факторов. В непосредственной близости от источника выброса ведущим фактором является расстояние и действие других факторов, способствующих распространению загрязнителей. Прежде всего, это ветровой режим, особенности застройки, рельефа.

Во всех случаях наблюдается закономерное снижение концентрации металлов и серы в отобранных образцах по мере удаления от источника выбросов. Исключения могут составлять резко возрастающие или убывающие уровни содержания поллютантов на местах проб, расположенных либо в ветровой тени, либо в зоне ветрового удара.

В верхней части крон зеленых насаждений на отмерших побегах прошлого года хорошо выражено отмирание коры, ее пожелтение и образование сапрофитной микрофлоры.

Всего в зеленых насаждениях была заложена 31 пробная площадь (в том числе две контрольных – 7 и 8). Влияние предприятия на состояние деревьев хорошо прослеживается по линии восток – запад, совпадающей с Гвардейским проспектом. Он был избран в качестве тест-объекта, на котором можно четко проследить изменение состояния насаждений, повреждаемость насекомыми и распространение болезней по мере удаления от предприятия.

Ослабление насаждений объясняется выбросами предприятия, а грибные болезни и насекомые предпочитают развиваться на ослабленных деревьях и кустарниках.

Т а б л и ц а

Состояние зеленых насаждений поселка Никель

Зона состояния насаждений	Средний балл состояния	Относительная доля пород по категориям состояния					
		здоровые	ослабленные	сильно ослабленные	усыхающие	сухостой	Общий итог
1	1,86	34,76	27,92	18,80	15,10	3,42	100,00
2	1,45	57,42	28,63	12,14	0,97	0,84	100,00
Общий итог		56,16	28,59	12,51	1,76	0,98	100,00



Рис. 1. Зоны состояния насаждений

Анализ данных обследования насаждений показал, что в границах городской застройки следует выделить две зоны. Их границы приведены на рис. 1, а в таблице представлен балл состояния насаждений по зонам.

Следует учитывать различия в поступлении тепла на склоны разной экспозиции в п. Никель: самый благоприятный склон (южная экспозиция) занят сейчас гаражами и малоценными постройками. Селитебная зона расположена на склонах западной экспозиции – послеполуденное скользкое солнце.

При проектировании элементов благоустройства необходимо учитывать совместное влияние ветрового и инсоляционного режимов. Местные завихрения ветрового потока в зависимости от расположения зданий по отношению к основному направлению ветра могут либо способствовать накоплению снега, либо оставлять пространства, лишённые снежного покрова. Это один из лимитирующих факторов, определяющих сохранность высаженных растений в первые пять лет.

Из-за постоянных ветров и зимних снегопереносов необходимо все насаждения проектировать с учетом ветрозащитных и снегозадерживающих свойств.

Противоречие между повышенной потребностью населения и низкими возможностями озеленения может быть устранено путем многоцелевого использования участков озеленения, включения природных зеленых пространств в систему городского озеленения, а также развития объектов озеленения защищенного грунта (зимние сады, озеленение интерьеров) [8].

Для озеленения населенных мест и пригородных зон следует максимально сохранять существующие насаждения и активно использовать все декоративно-ценные неорганические элементы местного ландшафта (выходы горных пород, скалы и пр.).

При анализе существующей системы благоустройства, в том числе объектов озеленения, в поселке Никель отмечено следующее.

Плоскостные сооружения находятся в плохом состоянии, в некоторых местах оно отсутствует в принципе. Асфальтовое покрытие требует ремонта, во многих местах отсутствуют бортовой камень. Это позволит ограничить зону газонного покрытия в уличных насаждениях и предотвратить вымывание из нее грунта.

При нехватке объектов зеленых насаждений многие пустующие площади мож-

но было бы использовать под зеленое строительство.

В центре поселка имеется незавершенный объект, который при проведении комплекса мер по благоустройству мог бы стать одним из центров отдыха жителей.

Оборудование объектов благоустройства также недостаточно: не выполняются нормы обеспечения урнами, скамьями и диванами, недостаточно освещение внутриквартальных территорий.

Современные объекты зеленых насаждений на территории Никеля представлены следующими видами: уличные зеленые насаждения; скверы; внутриквартальные зеленые насаждения, имеющие вид куртины или придомовой растительности; массивы из дикорастущих кустарников, расположенные по периферии.

Необходимо отметить полное отсутствие санитарно-защитных насаждений между заводом и селитебной зоной, а также ветро- и снегозащитной полосы вдоль основной въездной дороги.

Уличные посадки сформированы в основном ивой многоствольной (и. козья, и. деревцовидная) и кустовой формы (и. корзинчатая, и. сизая, и. северная, и. шерстистая), тополем дрожащим, рябиной (р. обыкновенная и р. Городкова), черемухой обыкновенной и березой (б. пушистая, б. финская, б. низкорослая). Состояние растений изменяется от хорошего до сильно ослабленного. Особенно ослаблены черемуха и березы. Ивы многоствольной формы часто старовозрастные, поэтому балл состояния невысокий. Наиболее устойчива в уличных посадках осина (тополь дрожащий) и местные формы рябины обыкновенной.

На улицах, направленных вдоль ветров, часто встречаются искривленные деревья, деревья с морозобойными трещинами.

При озеленении улиц, направленных вдоль снегонесущих ветров, нужно применять загущенные посадки деревьев и кустарников в виде плотных рядовых посадок, направленных вдоль оси улицы (въездная дорога, Гвардейский пр., ул. Спортивная).

При озеленении улиц, расположенных перпендикулярно снегонесущим ветрам,

лучше использовать группы деревьев и кустарников или полупродуваемые конструкции защитных полос из деревьев и кустарников (улицы Печенгская, Победы, Советская, Комсомольская).

В настоящее время как сформированный объект существует только один сквер на Гвардейском проспекте. Однако в силу близкого расположения к источнику загрязнения зеленые насаждения не имеют необходимой степени декоративности, имеют угнетенный вид, особенно со стороны проспекта.

Газон находится в неудовлетворительном состоянии, преобладают сорно-рудеральные растения, много проплешин. Регулярное скашивание газона не производится. Отсутствует цветочное оформление.

Сквер за зданием дворца культуры не сохранил ни планировочной структуры, ни структуры насаждений. Растительность находится в запущенном состоянии, газоны отсутствуют, дорожки и площадки не имеют четких границ.

Сквер на пересечении улиц Бредова и Комсомольской – молодой объект с недавно сделанным газоном и посадками деревьев и кустарников. Древесно-кустарниковая растительность сильно ослаблена, не декоративна. Газон требует ухода – много сорных растений, имеет проплешины.

Газон на площади перед зданием дворца культуры находится в самом плохом состоянии – высокая степень износа, проплешины, уплотнение дернины, регулярное вытаптывание. Газоны на откосах также требуют ремонта.

Придомовые посадки носят стихийный характер. Посадки у домов, отделяющие их от улицы, часто примыкают вплотную к дому, что резко снижает инсоляцию квартир нижних этажей. С другой стороны, такие посадки, расположенные перпендикулярно ветру со стороны комбината, осаждают на себе пыль и снижают уровень шума.

Кроме преобладающих пород здесь встречаются единично жимолость татарская, сирень венгерская, кизильник обыкновенный, боярышник обыкновенный, карагана древовидная, смородина черная, спирея дубравколистная, роза морщинистая. Наиболее

ослаблены молодые посадки жимолости татарской, кизильника обыкновенного, спиреи дубровколистной, розы морщинистой. Наиболее устойчивые породы: боярышник обыкновенный и смородина черная.

Массивы из кустарников расположены в основном по периферии. В них преобладают кустарниковые ивы с редким включением осины, многоствольных форм ивы и березы. Большая часть этих массивов имеет естественное происхождение, за ними никогда не производился уход, поэтому декоративность их минимальна. Соотношение площадей, занятых массивами естественного происхождения и искусственно созданными посадками деревьев и кустарников, 20:1. Поэтому одним из способов увеличения площади полноценных зеленых насаждений в поселке может стать улучшение имеющихся массивов путем прочистки, проведения санитарной и прореживающей обрезки, подсадки более декоративных видов деревьев и кустарников.

Сближение функциональных и промышленной зон привело к ухудшению экологических условий как для людей, так и для растений. В настоящее время отсутствует защитно-санитарная зона между заводом и селитебной территорией.

Для улучшения экологической обстановки между комбинатом и селитебной зоной следует заложить санитарно-защитную зону. Для горно-перерабатывающих предприятий (I класс вредности) ширина санитарно-защитной зоны установлена от 1000 м. Организация озеленения таких зон тесно связана не только с санитарной классификацией производства, но и с условиями их размещения в архитектурно-планировочной структуре промышленного города [9].

При создании защитных полос необходимо учитывать существующий уровень загрязнения территории, почвенно-гидрологические и климатические особенности данной местности.

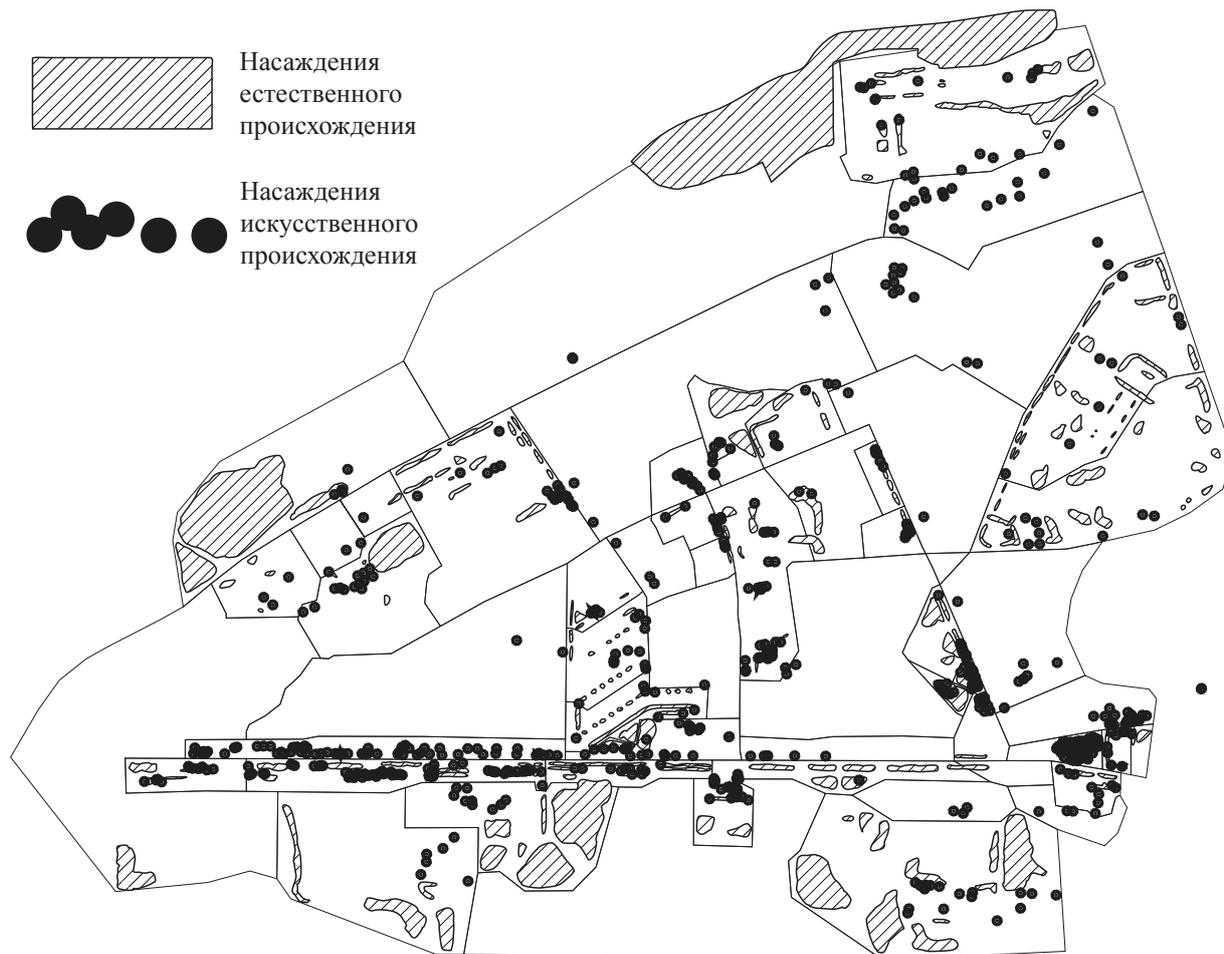


Рис. 2. Соотношение насаждений искусственного и естественного происхождения

Первый вид выбросов комбината – газообразная фракция двуокиси серы, второй – пыль. Антропогенная пыль образуется в результате производственной деятельности металлургических и угольных предприятий, горнодобывающей и перерабатывающей промышленности, в строительстве. В ее состав входят несгоревшие частицы угля, зола, металлы, частицы, образующиеся при стирании резиновых шин, асфальтовых покрытий [10].

Насаждения играют роль своеобразных фильтров: пылевидные частицы загрязненного воздуха в основном выпадают среди растений под влиянием силы тяжести вследствие того, что снижается скорость воздуха. Некоторая часть пыли выпадает, наталкиваясь на стволы, ветви и листья деревьев. Наконец значительное количество пыли задерживается на поверхности листьев и хвои [10].

В зоне у комбината происходит наиболее интенсивное оседание пыли. Наблюдается закономерность: масса задержанной пыли увеличивается при приближении растения к источнику пыли, поэтому полосы нужно размещать возможно более близко к источнику, но не в пределах «мертвой» зоны.

Поскольку Никель имеет компактную планировку и предполагает сближенное расположение основного предприятия и селитебной территории, а выбросы можно отнести к категории средних и тяжелых газов, аэрозолей и пыли, структура санитарно-защитной зоной может выглядеть как система защитных полос, разделенных полосами газона или невысоких растений. Такие защитные полосы увеличили бы турбулентность воздуха и тем самым лучше рассеивали газы, а также задерживали бы оседающие на землю поллютанты в промежутках между ними.

Начинать устройство полос следует на расстоянии около 350 м от источников выбросов (оседание поллютантов начинается на расстоянии двух высот трубы). Ширина зоны защитных полос планируется до 300 м.

Специальные исследования объемных моделей полос различной формы поперечного сечения показали, что наибольшее перемещение воздушных потоков и рассеивание дает прямоугольная форма, а для полос, предназначенных для осаждения поллютантов – треу-

гольная. Для выполнения обеих задач возможно чередование полос разной конфигурации.

Видовой состав защитных полос ограничен. Наиболее устойчивые породы осина (тополь дрожащий) и в подлеске кустарниковые виды ив. Они быстро растут, обладают неплохой пылеосаждающей способностью, адаптированы к местным условиям.

Межполосные территории можно засаживать только низкорослыми растениями, в частности, устойчивыми травянистыми (ежа сборная, костер безостый, мятлик обыкновенный и альпийский, овсяница овечья и красная, полевица, тимофеевка, вейник наземный, клевер белый). Между посадками деревьев и кустарников вместо сеяных злаков можно использовать местные виды растений, хорошо зарекомендовавшие себя в городской среде – хвощ лесной (кислые почвы), пушица влагалищная (переувлажненные участки), пырей ползучий (нейтральные бедные почвы).

Особое место на территории поселка могут найти озеленительные комплексы альпийского типа, основанные на сочетании растений с камнем. Расчлененный рельеф, обилие возвышенностей, холмов представляет большие возможности для создания такого ландшафта.

Наиболее приемлемыми являются плоские и террасированные каменистые сады, которые могут стать украшением скверов и внутриквартальных дворов. Особенностью формирования таких комплексов является возможность использования разнообразного ассортимента как многолетних травянистых декоративных растений, так и красиво цветущих кустарников.

По результатам обследования выявлено, что в черте поселка очень декоративно выглядит хвощ лесной и пушица влагалищная, поэтому есть смысл использовать эти местные растения в озеленении, в частности, заменять ими в некоторых местах газон. Это могут быть обочины газонов, у бортового камня, в местах неблагоприятных почвенно-гидрологических условий, у выходов скальных пород и пр.

## Выводы

1. Площадь зеленых насаждений на одного жителя в поселке Никель составляет

20,3 м<sup>2</sup>, при норме для северных городов – 70 м<sup>2</sup>.

2. В настоящее время отсутствует защитно-санитарная зона между комбинатом «Печенганикель» и селитебной территорией и ветро- снегозащитная полоса вдоль основной въездной дороги.

3. На территории поселка в зависимости от состояния зеленых насаждений выделено две зоны. Зеленые насаждения в зоне I имеют ограниченный ассортимент, угнетенный вид, для листьев характерны краевые ожоги. Большая часть молодых посадок нежизнеспособна. Зеленые насаждения в зоне II чувствуют себя лучше (здоровые насаждения составляют 57 %), чем в I зоне (здоровые насаждения составляют 35 %).

4. Основной причиной неудовлетворительного состояния зеленых насаждений является загрязнение воздушного бассейна и почв тяжелыми металлами (медь и никель) и диоксидом серы.

5. Зеленые насаждения представлены в основном внутриквартальными насаждениями и насаждениями улиц. Газоны практически отсутствуют, существующие находятся в неудовлетворительном состоянии. Цветочное оформление точечное. Дорожно-тропиночная сеть требует проведения капитального ремонта.

6. Для проведения благоустройства поселка Никель необходима разработка проектной документации как для капитального ремонта, так и для новых ландшафтных объектов, в частности для санитарно-защитной зоны, а также парка в долине реки Колосйоки.

#### Библиографический список

1. Озеленение городов и поселков Мурманской области. Практическое руководство. – Мурманское книжное издательство, 1982. – С. 60–82.
2. Помазкова, Е.Н. Озеленение северных городов / Е.Н. Помазкова. – Л.: Стройиздат. 1978. – С. 160.
3. Планировка и застройка городов Кольского Севера. – Л.: Изд. лит. по строительству, 1972. – 120 с.
4. Глазовская, М.А. Опыт классификации почв по устойчивости к техногенным воздействиям / М.А. Глазовская // Почвоведение. – № 9. – С. 82–96.
5. Правила создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городах Российской Федерации. Приказ Госстроя России от 15 декабря 1999 г. № 153.
6. Агроклиматические ресурсы Мурманской области. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 91с.
7. Лесные экосистемы и атмосферные загрязнения. – Л.: Наука, 1990. – С. 120.
8. Козупеева, Т.А. Практическое руководство по озеленению городов и поселков Мурманской области / Т.А. Козупеева. – Апатиты. 1970. – С. 152.
9. Яковлевас-Матецкис, К.М. Комплексное благоустройство промышленных территорий / К.М. Яковлевас-Матецкис. – Киев: Будівельник. 1978. – С. 216.
10. Горохов, В.А. Зеленая природа города / В.А. Горохов. – М.: Архитектура-С, 2005. – 528 с.

## ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ЛЕСОВОДСТВЕННО-РЕКРЕАЦИОННОЙ ОЦЕНКИ ЛЕСНОЙ ТЕРРИТОРИИ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ МАРШРУТАХ МАРИЙСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ

В.А. ЗАКАМСКИЙ, проф. каф. лесоводства МарГТУ, канд. с.-х. наук,

Т.А. КОНЮХОВА, ст. преподаватель каф. лесоводства МарГТУ, канд. с.-х. наук,

Л.А. САХБИЕВА, асп. каф. лесоводства МарГТУ

*klv@marstu.net*

Развитие рекреации является одним из перспективных направлений диверсификации природопользования. Выявлена мировая тенденция к путешествиям, спортивному туризму и другим активным видам отдыха [3, 10]. В этом отношении рекреационный потенциал Марийского Заволжья в настоящее время не получил пока необходимой оценки, а освоение его идет стихийно, не принося ощутимых

доходов государству, причем в ряде случаев вызывая нарушения природной среды [1].

Изучались насаждения вдоль экологических маршрутов на территории Республики Марий Эл и в национальном парке Нижняя Кама Республики Татарстан в период сезонов отдыха и после их закрытия. Пробные площади (ОСТ 56-100-95) закладывались в местах стоянок [8].

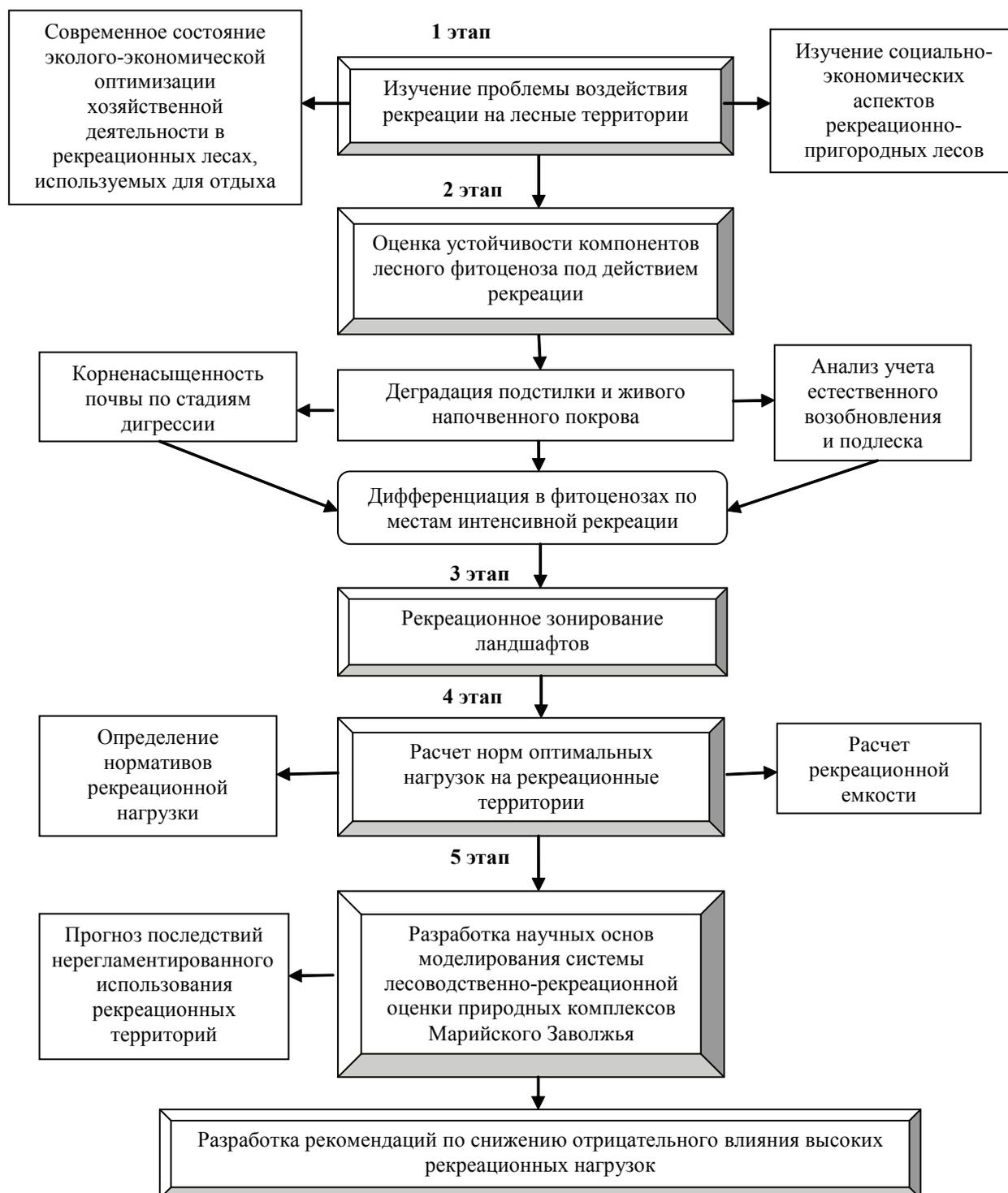


Рис. 1. Основные этапы лесоводственно-рекреационной оценки лесных территорий на местах массового отдыха

По результатам исследования, проведенного в период с 1997 г. по 2008 г., составлен алгоритм (рис. 1), который апробирован на территории Среднего Поволжья и предлагается к реализации по следующей поэтапной схеме анализа лесных рекреационных ландшафтов, что важно для форми-

рования системы рационального лесопользования.

**На первом этапе** исследования изучаются проблемы воздействия рекреации на лесные территории. Определяются основные теоретические положения рекреационной оценки исследуемого региона.

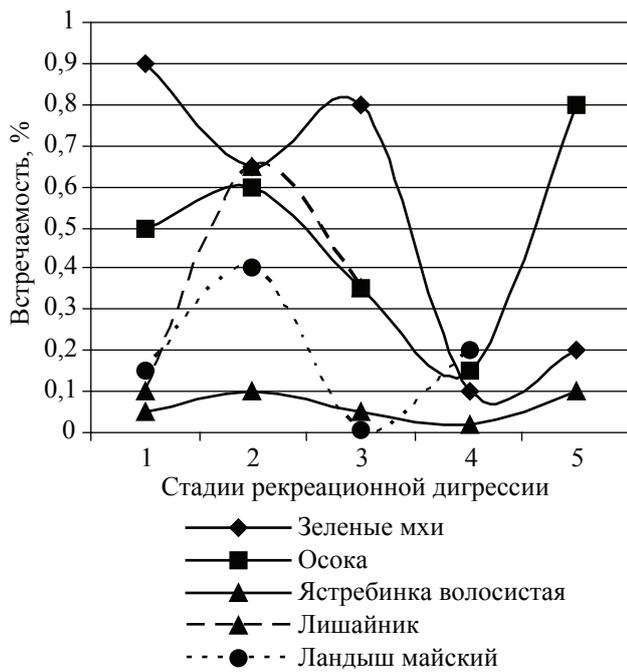


Рис. 2. Влияние рекреационных нагрузок на встречаемость живого напочвенного покрова

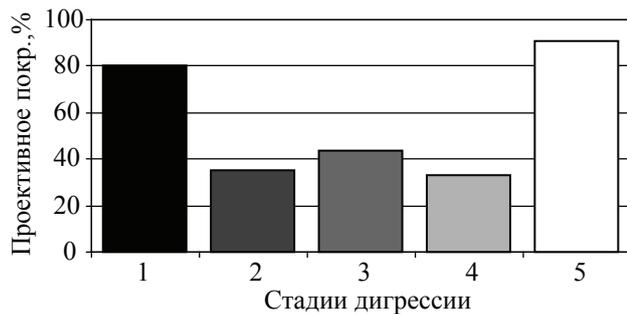


Рис. 3. Проективное покрытие травянистой растительности по стадиям рекреационной дигрессии

На втором этапе проводится оценка устойчивости компонентов лесного фитоценоза в рекреационных условиях, характера происходящих в них антропогенных сукцессий в зависимости от интенсивности и вида рекреационных нагрузок, экологических условий, свойств и структуры самой лесной экосистемы. Например, установлены особенности деградации подстилки и корненоасыщенность почвы по стадиям дигрессии. При высокой рекреационной нагрузке на экологических маршрутах плотность сложения верхних слоев почвы возрастает до 1,5 раз. Если учесть, что лесные растения нормально развиваются на почвах с плотностью сложения 0,8–1,0 г/см<sup>3</sup>, то на таких грунтах наблюдает-

ся снижение прироста насаждений. Нами установлено, что с увеличением рекреационной нагрузки запасы лесной подстилки уменьшаются. На 1-ой стадии мощность подстилки от 4,5–5,3 см, а на 5-ой стадии она снижается до 1,0 см и менее.

Корненоасыщенность в верхних горизонтах почвы, разделенных по степени деградации, также заметно различается, т.е. на первой стадии выше, чем на пятой.

### Экопопуляционные закономерности в динамике живого напочвенного покрова

Установлено, что с усилением нагрузки доля лесных видов в покрове уменьшается, а луговых и сорных, способных быстро отрастать при повреждении пешеходами, переносить плотность и сухость почвы, значительно возрастает [6].

На стоянках маршрутов изучено проективное покрытие и встречаемость основных видов растений (рис. 2, 3). К рис. 2 применим градиентный анализ. Хорошо видно, что разные виды распределены индивидуально. Очевидно и сходство экологии видов по градациям: одни из них встречаются при средней стадии дигрессии – ястребинка волосистая (*Hieracium pilosella* L.), исландский лишайник (*Cetraria islandica* L.), ландыш майский (*Convallaria mayalis* L.); другие тяготеют к насаждениям с более уплотненными почвами 5-ой стадии – осока острая (*Carex gracilis* L.); а третьи – к наиболее благоприятным лесным лесорастительным условиям 1-ой стадии – зеленый лесной мох (*Hylocomium splendens* L.). Это сходство может служить предпосылкой выделения экологических групп.

На рис. 3 видим, что проективное покрытие живого напочвенного покрова по стадиям дигрессии различно. Если на первой и пятой стадиях значение составляет соответственно 80,5 % и 90,55 %, то на второй, третьей и четвертой – в пределах от 32,9 % до 43,7 %. Это приводит к вытеснению более требовательных к режимам освещенности и влажности почвы лесных видов луговыми и сорными, менее требовательными к условиям произрастания.

**Динамика проективного покрытия и встречаемости видов травянистой растительности в зависимости от стадии рекреационной дигрессии**

Виды растений	Встречаемость ж.н.п./проективное покрытие ж.н.п.,% по стадиям рекреационной дигрессии				
	I	II	III	IV	V
1. Зеленый лесной мох ( <i>Hylocomium splendens</i> L.)	22/0,9	8,5/0,65	17,7/0,8	11,5/0,1	15,9/0,2
2. Осока острая ( <i>Carex gracilis</i> L.)	18/0,5	8,5/0,6	5,3/0,35	18/0,15	14,5/0,8
3. Ястребинка волосистая ( <i>Hieracium pilosella</i> L.)	16/0,05	4,6/0,1	25/0,05	–	11,4/0,1
4. Ландыш майский ( <i>Convallaria majalis</i> L.)	13/0,15	7,7/0,4	–	7,7/0,2	–
5. Исландский лишайник ( <i>Cetraria islandica</i> L.)	17/0,1	7,7/0,65	17,7/0,35	–	–
6. Брусника ( <i>Vaccinium vitis idaea</i> L.)	16/0,5	–	10/0,1	–	–
7. Звездчатка лесная ( <i>Stellaria holostea</i> L.)	10/0,15	–	–	–	–
8. Кошачья лапка двудомная ( <i>Antennaria dioica</i> )	21/0,05	–	–	–	–
9. Тысячелистник обыкновенный ( <i>Achillea millefolium</i> L.)	28/0,1	–	–	–	14,2/0,5
10. Фиалка лесная ( <i>Viola reichenbachiana</i> Jord. ex BOREAU)	–	11,2/0,2	–	10,4/0,1	5,4/0,1
11. Лютик северный ( <i>Ranunculus lanuginosus</i> L.)	–	10,7/0,25	–	–	19,1/0,1
12. Подмаренник душистый ( <i>Galium odoratum</i> (L.) Scop.)	–	11,5/0,1	–	–	–
13. Толокнянка обыкновенная ( <i>Arotostaphylos uva-ursi</i> (L.) Sreng.)	–	–	11,7/0,1	–	–
14. Костяника ( <i>Rubus saxatilis</i> L.)	–	–	–	5,8/0,1	–
15. Мятлик луговой ( <i>Poa pratensis</i> L.)	–	–	–	7,3/0,35	–
16. Земляника лесная ( <i>Fragaria vesca</i> L.)	–	–	–	8,8/0,1	4,7/0,1
17. Горец птичий ( <i>Polygonum aviculare</i> L.)	–	–	–	–	17,5/0,1
18. Одуванчик лекарственный ( <i>Taraxacum officinale</i> agg.)	–	–	–	–	16,4/0,2
19. Клевер ползучий ( <i>Trifolium repens</i> L.)	–	–	–	–	25/0,05
20. Подорожник большой ( <i>Plantago major</i> )	–	–	–	–	14,6/0,15
21. Вероника лекарственная ( <i>Veronica officinalis</i> L.)	–	–	–	–	13/0,05
22. Колокольчик раскидистый ( <i>Campanula patula</i> L.)	–	–	–	–	9,4/0,1

Результаты (табл. 1) показывают зависимость состояния травянистой растительности от стадии дигрессии лесной территории:

– в видовом составе травяного покрова на первой стадии общее количество видов с 9 увеличивается на пятой стадии до 13 за счет исчезновения лесных растений (брусники, ландыша майского и т.д.) и появления луговых (мятлика лугового, клевера лугового, подорожника большого, тысячелистника обыкновенного и др.);

– проективное покрытие и встречаемость травянистых растений на единице площади зависят от многих совместно действующих факторов, в частности, соответствия вида экологическим условиям, антропогенному воздействию и др. Например, встречае-

мость ландыша майского и брусники падает; по мере увеличения стадии дигрессии фиалка лесная закономерно от второй к пятой стадии уменьшает исследуемые показатели.

Таким образом, в процессе антропогенного воздействия на травянистую растительность в рекреационной зоне следует учитывать зависимость встречаемости и проективного покрытия травяного покрова для определения степени деградации лесных насаждений.

В лесах, выполняющих рекреационные функции, крайне важно обеспечить систематический контроль над состоянием почвенного покрова и в случае необходимости применять хозяйственные меры, в том числе и обработку почвы с целью восстановления ее плодородия.

**Результаты рекреационной оценки лесов Республики Марий Эл**

Рекреационная зона	Оценочные признаки, баллы											Оценка
	Состав и форма дровостоя	Преобладающая порода	Поляны и опушки	Рельеф	Памятники природы и культуры	Простотность	Близость к городу, дому отдыха и т.д.	Благоустройство	Загрязнение	Дефицитность лесов	Сумма баллов	
Горномарийская	5	8	5	4	5	5	4	3	3	3	45	Хор
Йошкар-Олинская	8	8	8	4	5	5	8	6	3	3	58	Хор
Приволжская	8	8	6	4	5	5	4	3	3	3	49	Хор
Парковая	8	8	8	4	5	5	8	6	1	3	56	Хор

**Анализ учета естественного возобновления и подлеска**

Молодые древесные растения в гораздо большей степени, чем взрослые деревья, страдают от уплотнения почвы и от механических повреждений, а всходы затаптываются. По мере формирования дернины (на последних стадиях дигрессии) появление всходов, как правило, становится невозможным.

Анализируя данные по подлеску, можно в первую очередь отметить, что на первой стадии дигрессии количество подлеска значительно выше, чем на пятой стадии (в 2,9 раз). По мере рекреационной дигрессии лесного сообщества беднеет его видовой состав, уменьшается общее число побегов, снижается проективное покрытие. Состояние этого яруса также служит одним из диагностических признаков нарушенности ценоза.

**Третий этап** включает рекреационное зонирование. А именно, расчленение (объединение) определенных территорий по степени сходства и различия их внутренней структуры, характеру взаимосвязей, направленности динамических процессов, отличающихся комплексом признаков. Приняты следующие зонообразующие признаки: лесоводственная характеристика насаждений, отражающая группу лесов, бонитет и т.п.; функциональная структура, показывающая, на какие виды лесной рекреации и рекреационные занятия ориентирована данная территория; степень рекреационной освоенности (развитости) района; перспективность района.

Основные маршруты и стоянки рекреантов чаще встречаются в природных комплексах, сочетающих лесные и водные территории и особенно привлекательных для отдыха [7]. Поэтому наши исследования велись именно на таких территориях, которые объединены нами в рекреационные зоны, например для Республики Марий Эл (Горномарийская, Йошкар-Олинская, Приволжская, Парковая).

На **четвертом этапе** проводится расчет норм оптимальных нагрузок на рекреационные территории, уже непосредственно по зонам, где определяются нормативы нагрузки (единовременная максимально допустимая и предельно допустимая нормы), а также ведется практический расчет рекреационной ёмкости.

Например, Йошкар-Олинская рекреационная зона в Республике Марий Эл испытывает негативное влияние промышленных производств и автомобильного транспорта. Здесь наблюдается наибольшая рекреационная нагрузка (6 чел./га), тогда как в других рекреационных зонах этот показатель от 2 до 4 чел./га.

В целом рекреационные условия на исследуемой территории классифицируются как преимущественно хорошие (табл. 2).

В наиболее популярных местах отдыха Республики Марий Эл создалась практически одинаковая ситуация, характеризующаяся дигрессией лесных и сопряженных с ними пляжных территорий. При этом чем популярнее место отдыха, тем больше рекреантов и, следовательно, выше стадия разрушения.

Заключительный **пятый этап** подразумевает разработку научных основ моделирования системы лесоводственно-рекреационной оценки природных комплексов республик и областей на территории Среднего Поволжья, прогноз последствий нерегламентированного использования рекреационных объектов. Для этого необходимы рекомендации специалистов по снижению отрицательного влияния высоких рекреационных нагрузок [1–5 и др.].

### Библиографический список

1. Мальков, Ю.Г. Мониторинг лесных экосистем / Ю.Г. Мальков, В.А. Закамский. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – 212 с.
2. Аглиуллин, Ф.В. Состояние и рекреационная емкость прибрежных лесов озер национального парка «Марий Чодра» / Ф.В. Аглиуллин, В.А. Закамский, С.А. Денисов // Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. – 63 с.
3. Воскобойникова, Н.Н. Роль экологического туризма в развитии экономики проблемных регионов России / Н.Н. Воскобойникова, Е.М. Анохина // Туризм и региональное развитие. – Смоленск: Изд-во «Универсум», 2002. – С. 353–354.
4. Демаков, Ю.П. Теоретические и практические аспекты устойчивого природопользования: управление, принципы организации природно-хозяйственных систем, ландшафтное планирование / Ю.П. Демаков, Л.К. Казаков, В.П. Чижова и др. – Йошкар-Ола, 2004. – 404 с.
5. Закамский, В.А. Основные аспекты в решении проблемы рекреационного лесопользования для Республики Марий Эл и Среднего Поволжья / Актуальные проблемы рекреационного лесопользования. Международная научная конференция / В.А. Закамский. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2007. – С. 112–114.
6. Закамский, В.А. Лесоводственно-рекреационная оценка воздействия рекреации на лесные экосистемы в местах массового отдыха вдоль реки Волга Марийского Заволжья (г. Волжск – плотина Чебоксарской ГЭС) / В.А. Закамский, А.В. Кусакин, Т.А. Конюхова и др. // Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – 189 с.
7. Конюхова, Т.А. К вопросу о путях развития экологического туризма для Республики Марий Эл / В.А. Закамский, Т.А. Конюхова // Современное состояние окружающей среды в Республике Марий Эл и здоровье населения: Материалы 2-ой научно-практ. конф./ ред.: А.Л. Азин, О.В. Воскресенская; сост.: Н.Ю. Данилова, Л.В. Васютина. – Йошкар-Ола: Нац. б-ка им. С.Г. Чавайна, 2004. – С. 42–44.
8. ОСТ 56-100-95 Стандарты отрасли. Методы и единицы измерения рекреационной нагрузки на лесные природные комплексы. – Введен 09.01.95. – 12 с.
9. Сахбиева, Л.А. Оптимизация рекреационного природопользования в национальном парке «Нижняя Кама» / Роль особо охраняемых природных территорий в решении экологических проблем: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции / Л.А. Сахбиева, В.А. Закамский. – Йошкар-Ола, 2008. – С. 58–61.
10. Туризм и региональное развитие / Л.Ю. Мажар – Материалы II Международной научно-практической конференции. – Смоленск: Изд-во: «Универсум», 2002. – 420 с.

## К ВОПРОСУ О РЕМЕДИАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ МЫШЬЯКОСОДЕРЖАЩИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

И.М. ЯННИКОВ, *первый зам. нач. ГУ МЧС РФ по Удмуртской Республике, канд. техн. наук,*  
 Н.В. КОЗЛОВСКАЯ, *доц. Ижевского ГТУ, канд. биол. наук,*  
 М.В. ТЕЛЕГИНА, *доц. Ижевского ГТУ, канд. техн. наук,*  
 М.С. ПУПКОВА, *асп. Ижевского ГТУ*

*mari\_tel.@mail.ru*

**У**скоренное развитие химической промышленности в XX в. объясняется стремлением компенсировать нехватку традиционно используемых природных материалов и продуктов, а также создать новые синтетические вещества, превосходящие природные соединения по потребительским свойствам либо отличающиеся более широким спектром областей применения. Эти вполне естественные в усло-

виях непрерывного роста населения планеты устремления обратной стороной имеют усиление «химического пресса» на все живое.

Пожалуй, наиболее страшной проблемой современности является химическое загрязнение окружающей среды и повсеместное распространение токсикантов, а также отсутствие действенных методик и технологий для решения данных задач.

Актуальность этого вопроса подтверждается наличием на территории нашей страны семи некогда сверхсекретных объектов, где было сосредоточено до 40 тысяч тонн боевых отравляющих веществ: пос. Горный – в Саратовской области, Кизнер и Камбарка – в Удмуртии, пос. Марадыковский – в Кировской, Почеп – в Брянской, Леонидовка – в Пензенской, Щучье – в Курганской области.

Мышьяк, входящий в состав иприта и люизита, является одним из самых опасных химических экотоксикантов, поскольку имеет широкое распространение в объектах окружающей среды и вызывает тяжелые последствия в живых системах.

К сожалению, процессы производства, хранения и частичного уничтожения накопленных запасов химического оружия осуществлялись на низком уровне безопасности. В местах производства иприта и люизита концентрация мышьяка в почве в настоящее время в среднем составляет до 10 ПДК, а в местах, где осуществлялся перелив опасных веществ (ОВ) или уничтожение боеприпасов, превышение предельно допустимых концентраций мышьяка в почве составляет до нескольких десятков тысяч раз. Вопросы мониторинга и методы работы с уже существующим загрязнением на данных объектах до настоящего времени изучены явно недостаточно.

Основное требование к проектируемым системам мониторинга состоит в обеспечении требуемой достоверности контроля (вероятности обнаружения) загрязняющих веществ в зонах техногенного влияния объектов, выявления объективной (выраженной в количественных показателях) оценки окружающей среды. Это отражает современную тенденцию развития понятия мониторинга от пассивной системы наблюдения за состоянием объекта (окружающей среды) к модельному исследованию, сочетающему систему наблюдений (измерений анализов) с прогностической моделью взаимодействия объект – окружающая среда [1].

На сегодняшний день в мире созданы методики удаления мышьяка из почвы с использованием генетически модифицированной сои (Индия), эйхорнии (Великобритания), некоторых видов папоротников (Фло-

рида, Япония). Проблема их использования – в малой предсказуемости поведения данных биосистем в условиях, отличных от мест разработки, что может свести к нулю эффективность указанных методов.

В настоящее время изучается возможность использования генетической инженерии для резкого повышения количества мышьяка, извлекаемого из почвы.

Генетически измененные растения способны очищать окружающую среду гораздо эффективнее, чем «обычные». В ходе экспериментов, недавно проведенных в США и Великобритании, выяснилось, что генномодифицированные тополя поглощают почти в десять раз больше токсинов из грунтовых вод, чем деревья, растущие в естественной среде.

Фиторемедиация (способ очистки окружающей среды при помощи растений) таит в себе огромный потенциал по очистке загрязненной мышьяком почвы. После того как растения абсорбируют токсичные вещества, они накапливают их в своей надземной части. Таким образом, большая часть мышьяка, ранее находившаяся в почве, может быть удалена путем скашивания таких растений.

Принципиальная схема ремедиации территорий поэтапно представляет собой:

- посев семян фитомелиорантов в начале вегетации (весной);
- скашивание в конце вегетации (в начале осени);
- утилизация насыщенной мышьяком фитомассы с возможным выделением чистого мышьяка (компостирование, сбраживание).

Очищенная биомасса может быть использована в качестве органического удобрения [2, 3].

В целях получения достоверной и оперативной информации о масштабах и характере воздействия химически опасных объектов на окружающую среду нами с 2005 г. проводится серия экспериментов в лабораторных и полевых условиях с использованием идентификационного полигона, с помощью которого моделируются различные сценарии развития нештатных ситуаций на объекте в реальных условиях с определением зависимостей «доза – эффект» и «время – реакция». С помощью данного полигона возможно не только изучение

трансформации экологических и эколого-социальных систем, но и разработка схем, систем и конкретных технологий ремедиации и рекультивации земель, подвергшихся трансформации, по каждому конкретному поллютанту [4, 5, 6].

На полигоне возможно выявление наиболее чувствительных индикаторов с последующим созданием индикационных экологических шкал, которые помогают оценить степень загрязнения участка местности до проведения лабораторного анализа.

Для решения данной задачи на экспериментальные площадки полигона вносился мышьякосодержащий раствор в определенных концентрациях. В ходе наблюдений оценивались следующие показатели: динамика изменений состояния растительности (внешний вид, размеры, обилие, видовой состав растений) и динамика валового содержания мышьяка в почве (его перемещение в пределах почвенного профиля).

Также установлена нелинейность реакции биообъектов на действие загрязнителя. Токсический эффект в организме не прямо пропорционален дозе внесенного раствора, растение «не видит» определенных дозировок загрязнителя. В таблице [7] приведен пример изменения количества видов растений на контрольной площадке при различных значениях предельно допустимой концентрации (ПДК), а на рис. 2 – динамика общего проективного покрытия на экологическом полигоне в зависимости от дозы внесенного раствора.

Классическими методами такие зависимости на указанном объекте выявлены не были. В условиях полигона можно оценивать влияние малых и сверхмалых доз загрязняющих веществ, которые не учитываются инструментальными и классическими методами, поскольку являются для них подпороговыми и не вызывают моментального отклика ни у датчиков, ни у большинства организмов. Данное воздействие может иметь кумулятивный эффект, проявляющийся в способности постепенно накапливать мышьяк в почве и живых тканях, вызывая токсические эффекты во втором, третьем поколениях [8].

Эксперименты, проведенные при воздействии элементов мышьяковистых соединений (трансформация люизита), доказали, что

внесение As на уровне ПДК дает токсический эффект, свойственный малым дозам, в т.ч. по отдаленным последствиям, особенно для последующих поколений. На рис. 1 приведена динамика изменения общего проективного покрытия (ОПП) на экологическом полигоне (ЭП) в зависимости от дозы внесенного раствора

По итогам экспериментов во временной динамике ответной реакции биосистем нами выделены два периода. Первый – период стресса, который характеризуется парадоксальной («двухфазной») зависимостью отклика биологического объекта на воздействие (внесение р-ра As). В течение этого времени биосистема находится в состоянии токсического шока. Второй – период начала восстановления параметров биосистемы. Он характеризуется переходом парадоксальной зависимости «доза-эффект» к нормальной, обратно пропорциональной в общем виде.

В ходе исследований на идентификационном полигоне выявлены виды растений, устойчивые к мышьяковистому загрязнителю, то есть накапливающие в тканях мышьяк без нарушения жизненно важных функций организма. Эти виды перспективны в качестве фитомелиорантов на этапе конверсии объекта по уничтожению химического оружия [5, 9].

Наиболее устойчивыми к загрязнению, сохранившими способность полноценно расти, развиваться и размножаться в условиях повышенного содержания мышьяка в почве, оказались: *Melilotus officinalis* – донник лекарственный; *Medicago falcate* – люцерна серповидная; *Chamenerion angustifolium* – кипрей узколистный; *Achillea millefolium* – тысячелистник обыкновенный; *Puccinellia distans* – бескильница расставленная; *Picris hieracioides* – горлюха ястребинковая.

Необходимо отметить, что бескильница расставленная обладает голофильностью, т.е. может служить эффективным фиторемедиантом на техногеннозасоленных и осолонцованных почвогрунтах, что нередко встречается в районах нефтедобычи и в условиях городской застройки. Эти же виды растений, не теряя жизнеспособности, накапливают в биомассе мышьяк, изымая его из почвы, т.е. работают как эффективные фиторемедианты на загрязненных участках.

**Изменения количества видов растений при различных значениях ПДК**

Количество видов исходное	Количество ПДК			
	1 ПДК	1,5 ПДК	2 ПДК	2,5 ПДК
20	15	11	16	8

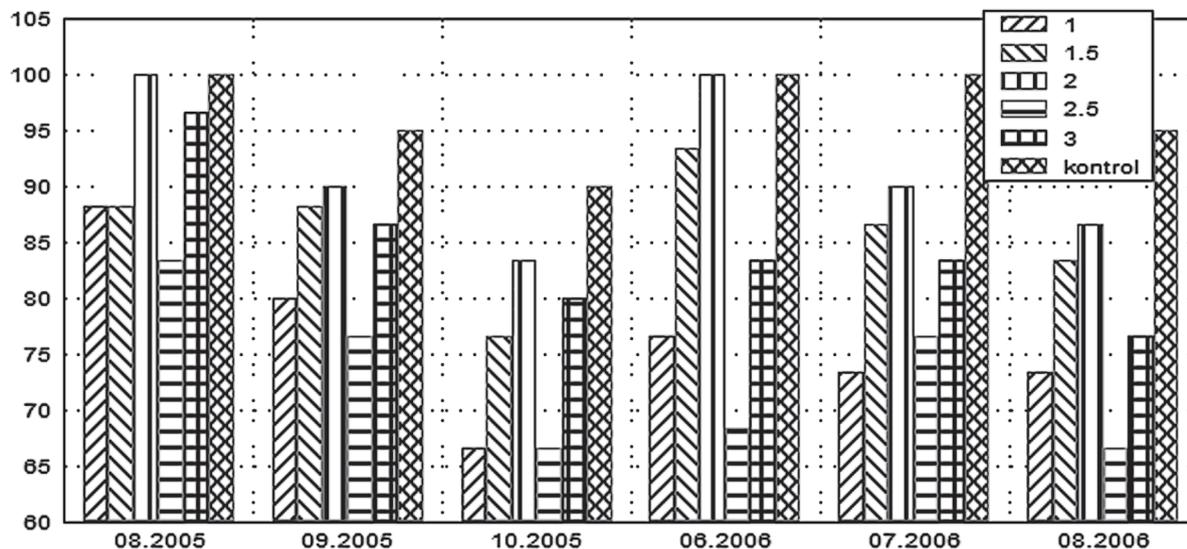


Рис. 1. Динамика ОПП, %, на ЭП, в зависимости от дозы внесенного раствора: 1 – 1 ПДК, 1,5 – 1,5 ПДК, 2 – 2 ПДК, 2,5 – 2,5 ПДК, 3 – 3 ПДК, KONTROL – контрольная площадка

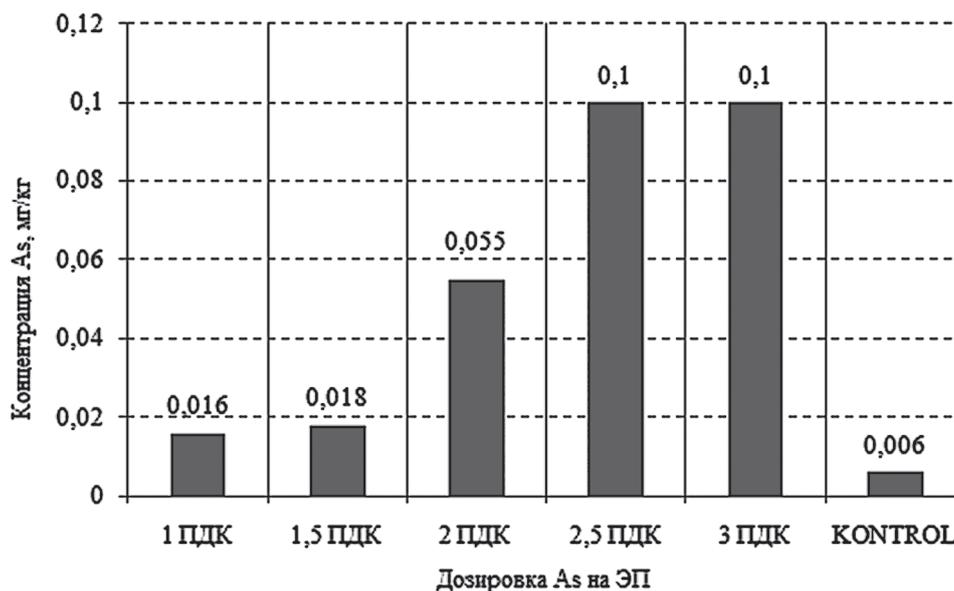


Рис. 2. Валовое содержание мышьяка в биомассе взрослых особей растений

На рис. 2 показано изменение валового содержания мышьяка в биомассе взрослых особей донника лекарственного, кипрея узколистного, люцерны серповидной, горюхи ястребинковой, бескильницы расставленной в зависимости от дозы внесенного раствора.

Это позволяет нам считать указанные виды перспективными как в качестве фито-

мелиорантов в схемах биологической рекультивации, так и в качестве тест-объектов для проведения мониторинга участков возможного загрязнения среды мышьякосодежащими соединениями.

Аналогичные эксперименты проводились с семенами и сеянцами сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*). При оценке при-

роста модельных деревьев всех возрастов на трех физиологических уровнях отмечено затормаживание прироста нижних ветвей пропорционально дозе загрязнителя и усиление роста средних и верхних ветвей.

Для оценки влияния мышьякосо­держащих соединений на вегетативную сферу сосны были собраны шишки с модельных деревьев всех возрастов. Отмечено проявление защитной реакции растительного организма, предотвращающей появление генетически, анатомически и физиологически неполноценных семян. При оценке динамики прорастания семян характерно сохранение двухфазного вида зависимости «доза–эффект».

При исследовании реакции липы мелко­листной (*Tilia cordata L.*) на различные концентрации мышьяк­содержащего раствора определена зависимость токсического эффекта от дозы раствора в двухфазной форме в течение первых 7 суток, далее растительный организм выходит из состояния острого токсического шока и зависимость приобретает нормальную форму.

Таким образом, определены растения, которые можно использовать в качестве биоиндикаторов и фиторемедиантов. Применение идентификационного полигона позволит определить параметры растений в зависимости от дозы внесенного загрязнителя с учетом конкретных условий местности. Именно это даст возможность моделировать возможные сценарии развития ситуации на объекте с учетом подпороговых значений выбросов мышьяк­содержащих соединений

Целью следующих экспериментов, проводимых с 2008 г., является оценка действия гелий-неонового лазера на рост и развитие растений при мышьяковистом загрязнении почвы. Этому послужили уникальные свойства лазерного луча (монохроматичность, энергия и мощность, направленность и когерентность излучения, возможность получения сверхкоротких длительностей импульсов и перестройки частоты во всем диапазоне от ультрафиолетовой до инфракрасной областей спектра).

Опыты, проведенные в НИИ клеточных культур г. Новосибирска (О.О. Тимина) и американскими учеными Д. Мандоли и У. Бриггс, показывают, что лазерное облучение

может быть полезно растениям и увеличивает их продуктивность и жизнестойкость.

Мышьяк­содержащие органические соединения в почве трансформируются до неорганических арсенатов (соли  $H_3AsO_4$ ) и арсенитов (соли  $H_3AsO_3$ ), поэтому для моделирования мышьяковистого загрязнения в проведенных экспериментах был использован водный раствор арсенита кальция –  $Ca_3(AsO_3)_2$ , различных концентраций.

В ходе эксперимента №1 на основе общепринятых методик было проведено изучение свойств лазерного излучения как биопротектора (длина волны 0,63 мкм, длительность облучения одного образца 30 секунд) путем наблюдения за реакцией *Allium* сера L., на присутствие мышьяка в растворе в 5 вариантах концентрации мышьяка – контроль (0 мг/л), 10 мг/л, 30 мг/л, 50 мг/л, 100 мг/л в лабораторных фарфоровых стаканах емкостью 250 мл, в трехкратной повторности.

Наиболее ярко эффект воздействия лазера наблюдался на образцах с высоким содержанием арсенита кальция. Подвергавшиеся облучению растения имели более длительный срок жизни, чем контрольные, более эффективно восстанавливались и меньше подвергались некрозу тканей.

Таким образом, положительное влияние гелий-неонового лазера было подтверждено.

Для проведения эксперимента №2 брались модельные ветви тополя (*Populus sp.*) как одного из наиболее устойчивых к антропогенному воздействию древесных растений. В соответствии с общепринятыми методиками использовался водный раствор арсенита кальция –  $Ca_3(AsO_3)_2$ , кратно фоновым значениям (Ф) для Удмуртии, в четырехкратной повторности для каждой концентрации. Периодически проводилось облучение образцов гелий-неоновым лазером ЛГН – 207А №1063 мощностью 1,8 мВт, длина волны 0,63 мкм, измеритель мощности ИМ 1-1 №11-84; характеристики лазера не изменялись.

Через 7 дней после закладки эксперимента у 10 % листьев появились яркожелтые пятна и деформации контура в виде ожога, у 8 % начался некроз от центральной жилки. Понизился общий тонус растений, начали подсыхать верхушки.

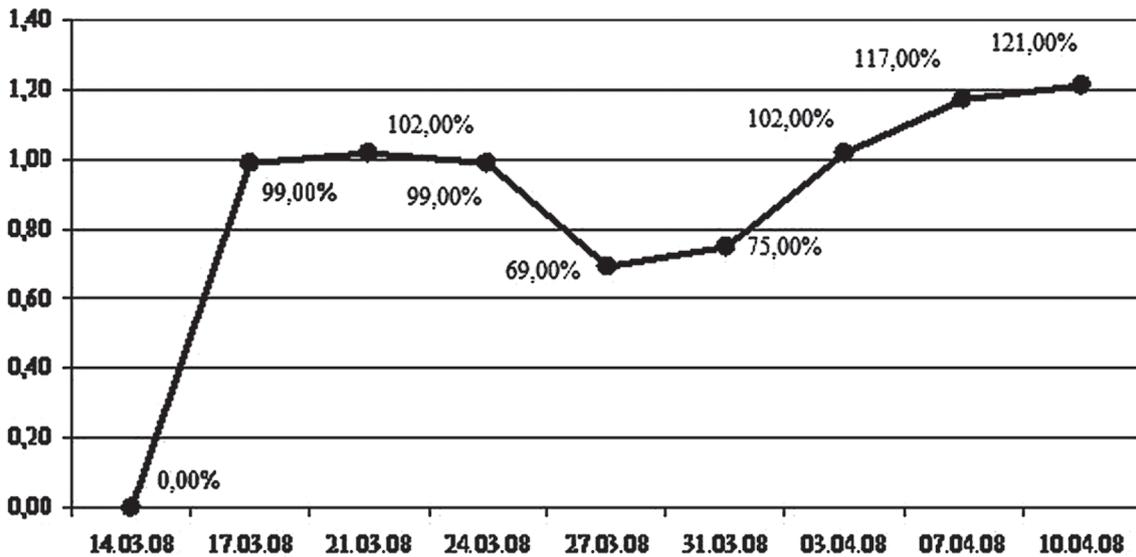


Рис. 3. Скорость роста и развития облученных модельных ветвей по отношению к контролю (Ось Y – %, ось X – дата)

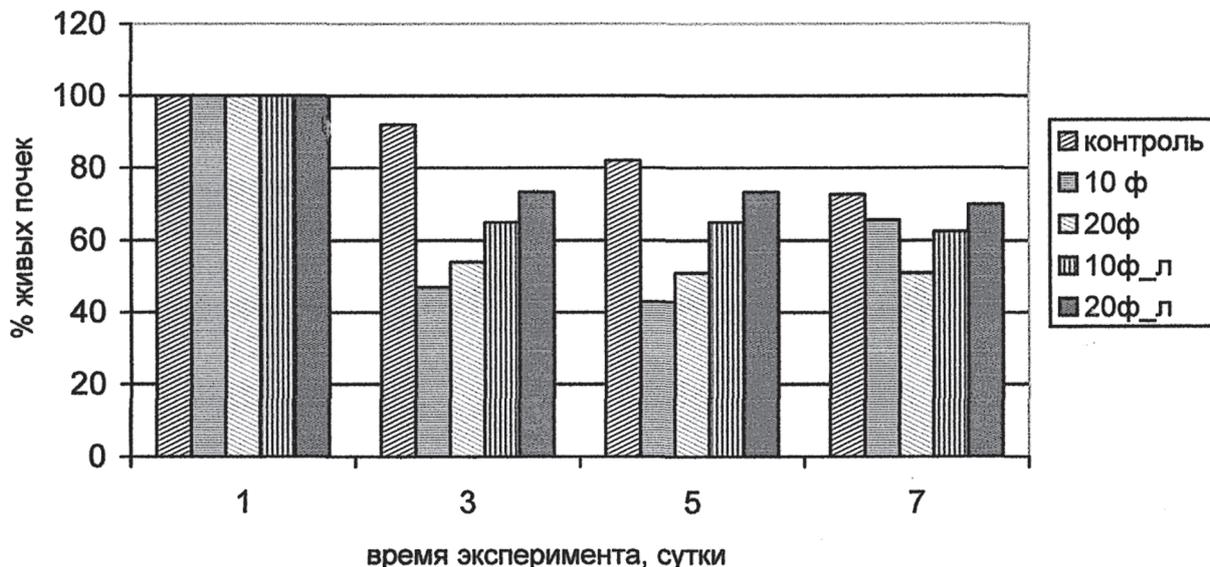


Рис. 4. Динамика усыхания почек на облученных МВ по сравнению с данными предыдущей серии, % от общего количества. Обозначения: контроль – контрольные МВ с содержанием As в растворе на уровне фона, 10ф – 1- превышение фона, 20 фонов – 20-кратное превышение фона, 10ф+л – 10-кратное превышение фона + облучение, 20ф – 20-кратное превышение фона + облучение

На десятый день исследований наблюдался ярко выраженный ромбовидный некроз тканей от центральной жилки на всех концентрациях (10-40Ф). Процент ожоговых деформаций увеличился. На 30Ф появились новые почки для листьев и корней, одновременно и новые корневые образования, наблюдалось нарушение апикального доминирования (развитие боковых почек). Усыхание ветвей шло с верхушки, увеличилась кривизна веток по сравнению с контролем.

Через 12 дней после начала эксперимента 2/3 модельных ветвей были облучены гелий-неоновым лазером. Через 4 дня после облучения наблюдалось снятие общего стресса, восстановление хлорофилла на малых концентрациях от центральной жилки, на больших концентрациях – пятнами по листовой пластинке (рис. 3). Начали распускаться листовые почки, наблюдалась полиферация на стволе как компенсация воздействия. У некоторых образцов началось

возобновление функций (оживание стволов с верхушки).

К началу третьей недели эксперимента после повторного облучения произошло обновление корневой системы и как следствие – пролиферация почек на частях модельных ветвей, находящихся в водном растворе [10].

Результатами исследований доказано, что тополь бальзамический в полной мере подходит на роль биоиндикатора мышьяковистого загрязнения. При проведении аналогичных экспериментов с черенками липы мелколистной (*Tilia cordata L.*) стимулирующая и защищающая роль лазерного излучения более заметна на модельных ветвях (МВ), которые были подвержены воздействию более высокой концентрации загрязнителя. На рис. 4. приведена динамика усыхания почек на облученных МВ по сравнению с данными предыдущей серии, % от общего количества.

Как видно, свойства излучения данного типа как биопротектора полностью подтвердились: растительные объекты менее страдают от токсического шока, и восстановление параметров происходит быстрее.

Таким образом, в ходе всех проведенных экспериментов:

- подтверждена целесообразность применения идентификационного полигона, позволяющего моделировать возможные сценарии развития ситуации на объекте с учетом подпороговых значений выбросов мышьякосо-держивающих соединений;

- установлены для конкретных условий растения, которые можно использовать в качестве фиторемедиантов;

- определено положительное влияние лазерного облучения на жизнеспособность и развитие растений, подвергшихся воздействию мышьякосо-держивающих соединений, что позволит использовать данный метод для повышения эффективности фиторемедиации загрязненных территорий в ходе эксплуатации и конверсии химически опасных объектов.

### Библиографический список

1. Чупис, В.Н. Экологический мониторинг объектов уничтожения химического оружия. Опыт создания и перспективы развития / В.Н. Чупис // Теоретическая и прикладная экология. – 2007. – № 2. – С. 35–41.
2. Янников, И.М. Новые подходы к организации мониторинга объектов по хранению и уничтожению химического оружия / И.М. Янников // Вестник МЧС Удмуртской Республики. – Ижевск. – 2008. – № 2(010). – С. 24–27.
3. Янников, И.М. Вопросы восстановления территорий в период конверсии объектов уничтожения химического оружия / И.М. Янников, М.В. Телегина // Труды XXVIII Российской школы. – М.: РАН, 2008. – Т. 2. С. 236–243.
4. Янников, И.М. Анализ методов организации флористического мониторинга вокруг химически опасных объектов / И.М. Янников // Вестник ИжГТУ. – Ижевск. – 2007. – № 2. – С. 135–138.
5. Янников, И.М. Выявление спектра травянистых растений, перспективных в качестве фитомелиорантов при загрязнении почвы мышьяковистыми соединениями / И.М. Янников, Т.Г. Габричидзе, Т.Л. Зубко и др. // Вестник ИжГТУ. – 2007. – №2. – С. 138–140.
6. Янников, И.М. Анализ эффективности наиболее распространенных фитомелиорантов при мышьяковистом загрязнении почвы / И.М. Янников, Н.В. Козловская, Т.Л. Зубко // Сборник статей 5-й Всероссийской научно-практической конференции «Экология человека: концепция факторов риска, экологической безопасности и управления рисками». – Пенза, 2008. – С. 189–191.
7. Янников, И.М. Новые подходы к организации контроля загрязнений и аварийных выбросов в районах размещения объектов по хранению и уничтожению химического оружия / И.М. Янников // Экология урбанизированных территорий. – 2008. – № 2. – С. 106–110.
8. Янников, И.М. Изучение влияния мышьякосо-держивающих соединений и возможность организации прогнозирования на химически опасном объекте / И.М. Янников, Т.Г. Габричидзе, Т.Л. Зубко // Интеллектуальные системы в производстве. – Ижевск. – 2007. – №1. – С. 113–118.
9. Габричидзе, Т.Г. Трансформация почвенно-растительного покрова под влиянием мышьякосо-держивающих соединений и возможность мониторинга / Т.Г. Габричидзе, И.М. Янников, Т.Л. Зубко и др. // Интеллектуальные системы в производстве. – 2007. – № 2(8). – С. 203–207.
10. Янников, И.М. Оценка эффективности гелий-неонового лазера как компонента экобиозащитных систем при загрязнении почвы соединениями мышьяка / И.М. Янников, В.А. Алексеев, Т.Л. Зубко и др. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2009. – № 1(15). – С. 186–190.

## ПРОГНОЗ ЗАСОРЕНИЯ ДРЕВЕСНОЙ МАССОЙ ПРОЕКТИРУЕМОГО ВОДОХРАНИЛИЩА МОТЫГИНСКОЙ ГЭС НА р. АНГАРА

В.П. КОРПАЧЕВ, *проф. каф. использования водных ресурсов СибГТУ, канд. техн. наук*,  
 А.И. ПЕРЕЖИЛИН, *ст. преподаватель каф. использования водных ресурсов СибГТУ*,  
 К.И. КОРПАЧЕВ, *инженер каф. использования водных ресурсов СибГТУ*

*sibstu@sibstu.kts.ru*

Вреках Сибири Ангаре и Енисее сосредоточен потенциал экологических эффективных гидроресурсов России (более 46 %). К числу перспективных ГЭС на Ангаре относится проектируемая Выдумская (Мотыгинская) ГЭС [1].

Мотыгинская ГЭС, как и все построенные, строящиеся и проектируемые ГЭС Сибири, расположены в лесопокрытых регионах с запасом древесины от 150 до 200 м<sup>3</sup> на гектаре. Обязательным условием подготовки ложа водохранилища под затопление является проведение лесочистки и лесосводки в соответствии с требованием СанПиН 3907-85 [2].

Опыт строительства ГЭС на территории Сибири показал, что ни на одном водохранилище ГЭС не было случая проведения лесочистки и лесосводки в запланированных объемах. Это являлось причиной затопления в ложе водохранилищ Сибири 24,69 млн м<sup>3</sup> (с учетом планового затопления в ложе водохранилища строящейся Богучанской ГЭС – 2 млн м<sup>3</sup>) и появления на акватории водохранилищ более 4,0 млн м<sup>3</sup> плавающей древесной массы [3, 5].

Даже при проведении лесосводки в запроектированном объеме на акватории водохранилища в первые годы появится плавающая древесина. Источники поступления древесной массы в водохранилище изложены в работах [3, 4].

Исходными данными для разработки прогноза послужили основные параметры водохранилища и лесотаксационные характеристики затопляемых и прилегающих к береговой линии водохранилища земель, которые впоследствии подвергнутся размыву.

Основные параметры водохранилища Мотыгинской ГЭС:

– отметка нормального подпорного уровня (НПУ) – 127,0 м;

– площадь зеркала водохранилища при НПУ – 431,28 км<sup>2</sup>;

– средняя глубина водохранилища – 15,5 м;

– максимальная глубина водохранилища – 28,5 м;

– средняя ширина – 2020 м;

– максимальная ширина – 3600 м;

– протяженность водохранилища по средней линии – 196,8 км;

– протяженность контура водохранилища – 626 км.

Запасы лесных ресурсов:

– общий запас древесины – 1638 тыс. м<sup>3</sup>,  
 в том числе

– ликвидная древесина – 1173 тыс. м<sup>3</sup>;

– товарная корневая древесина – 1404 тыс. м<sup>3</sup>;

– нетоварная корневая древесина – 234 тыс. м<sup>3</sup>.

В основу методики прогнозирования засорения водохранилища ГЭС (далее методика) выбран метод суммирования количественных показателей отдельных источников его засорения, полученных на основе натуральных данных по группе однородных водохранилищ [4].

Ниже в соответствии с положениями методики представлены количественные показатели объемов засорения древесной массой водохранилища проектируемой Мотыгинской ГЭС.

1. Проектный объем затопления древесной массой водохранилища. Этот объем древесины устанавливается на стадии технического проекта после проведения технико-экономических расчетов проведения лесосводки и лесочистки ложа водохранилища.

В представленном расчете принимается самый благоприятный вариант – все работы по лесосводке и лесочистке будут выполнены.

2. Определение объемов порубочных остатков древесной массы на лесосеках после проведения работ по лесосводке и лесочистке.

Количественные показатели объемов порубочных остатков определены на основе натуральных исследований на водохранилищах-аналогах, построенных в Сибири. Средний показатель объемов порубочных остатков на 1 га площади после проведения лесосводки и лесочистки представлен на рис. 1.

Средний запас корневой товарной древесины на 1 га составит

$$1404 \text{ тыс. м}^3 : 8973 \text{ га} = 156,5 \text{ м}^3/\text{га};$$

запас нетоварной древесины составит

$$234 \text{ тыс. м}^3 : 4703 \text{ га} = 49,8 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Объем порубочных остатков от товарной древесины составит

$$W_{\text{лс}} = F_{\text{лс}} \cdot \omega_{\text{лс}} = 8973 \cdot 28 = 251244 \text{ м}^3,$$

где  $\omega_{\text{лс}} = 28 \text{ м}^3/\text{га}$  – удельный объем порубочных остатков от проведения лесосводки определяется по графику (рис. 1).

$$W_{\text{ло}} = F_{\text{ло}} \cdot \omega_{\text{ло}} = 4703 \cdot 14 = 65842 \text{ м}^3,$$

где  $\omega_{\text{ло}} = 14 \text{ м}^3/\text{га}$  – удельный объем порубочных остатков определяется по графику (рис. 1), для запаса нетоварной древесины  $49,8 \text{ м}^3/\text{га}$  объем порубочных остатков составляет  $251244 + 65842 = 317086 \text{ м}^3$ .

3. Объем порубочных остатков, который может всплыть, определяется по формуле

$$W_{\text{впо}} = F_{\text{лс}} \cdot w'_{\text{лс}} + F_{\text{ло}} \cdot w'_{\text{ло}},$$

где  $W_{\text{впо}}$  – возможный объем всплывших порубочных остатков,  $\text{м}^3$ ;

$w'_{\text{лс}}, w'_{\text{ло}}$  – удельный объем порубочных остатков на участках проведения лесосводки и лесочистки, зависит от запаса сырораствующей древесины и может быть определен по графику (рис. 2) [4, 5].

$F_{\text{лс}}, F_{\text{ло}}$  – площадь лесосводки, лесочистки.

$$W_{\text{впо}} = 8973 \cdot 3 + 4703 \cdot 1,9 = 26,92 + 8,936 = 35856 \text{ м}^3,$$

4. Объем сухостоя и валежника, которые могут всплыть после затопления с лесопокрываемых участков, за исключением площадей, подвергшихся очистке и лесосводке, оценивается по формуле [4]

$$W = \Sigma F(q_c \cdot \alpha_c + q_b \cdot \alpha_b),$$

где  $\Sigma F$  – сумма лесопокрываемых площадей водохранилища, не подвергшихся лесосводке и лесочистке, га;

$q_c, q_b$  – средние запасы на гектаре сухостоя и валежника,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;

$\alpha_c, \alpha_b$  – коэффициенты не всплывания (цепкости) сухостоя и валежника.

Натурные исследования на Братском водохранилище показали, что объем сухостоя валежника, всплывшего после затопления, не совпадает с таксационными показателями лесных кварталов в ложе водохранилища. Причиной такого расхождения являются грунтовые условия в месте произрастания леса. Коэффициенты  $\alpha_c$  и  $\alpha_b$ , учитывающие не всплывший объем сухостоя и валежника, определены после обработки результатов наблюдений на четырех водохранилищах ГЭС Сибири, табл. 1.

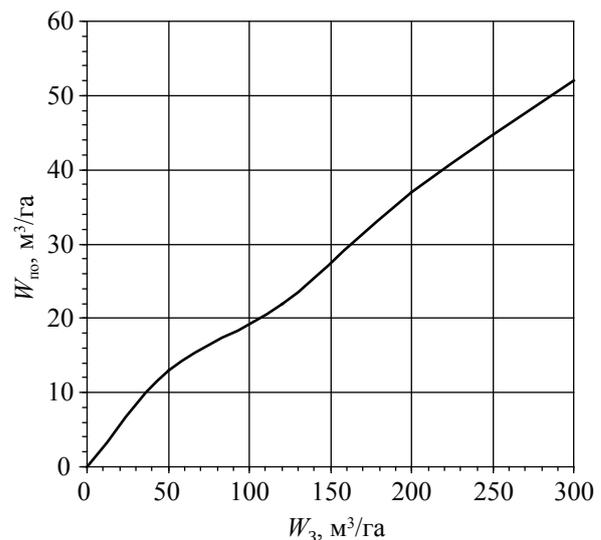


Рис. 1. Объем порубочных остатков после проведения работ по лесосводке и лесочистке

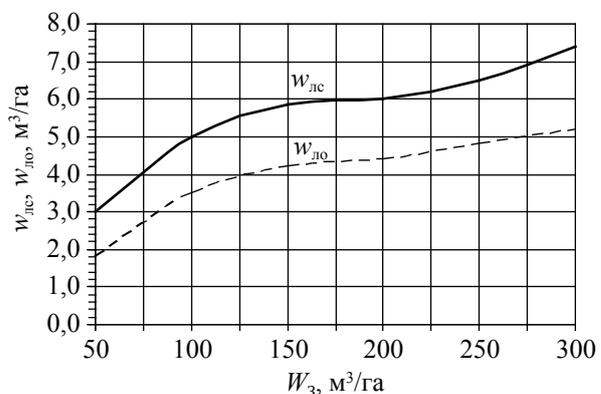


Рис. 2. Удельный объем всплывания порубочных остатков

Т а б л и ц а 1

**Значение коэффициентов  $\alpha_c$  и  $\alpha_b$**

Грунтовые условия произрастания древостоя	$\alpha_c$	$\alpha_b$
Супеси, пески	0,5	0,5
Суглинки, глина	0,5	0,3
Скальные породы	0,4	0,4
Заболоченные земли, болота	0,5	0,1

Объем сухостоя, который может всплыть, определяется по формуле

$$W_c = W_{oc} \cdot \alpha_c = 175890 \cdot 0,5 = 87945 \text{ м}^3,$$

где  $W_{oc} = 175890 \text{ м}^3$  – запас сухостоя в зоне затопления водохранилища;

$\alpha_c = 0,5$  – коэффициент цепкости сухостоя (табл. 1).

Объем захламленной древесной массы, который может всплыть

$$W_{zx} = W_{озх} \cdot \alpha_b = 156820 \cdot 0,3 = 47046 \text{ тыс. м}^3.$$

Таким образом, объем всплывшего сухостоя и захламленной древесной массы равен

$$87945 + 47046 = 135 \text{ тыс. м}^3.$$

5. Поступление древесной массы при отпаде частично подтопленной древесины.

Объем первоначально подтопленной древесины определяется по таксационной характеристике кварталов, расположенных в пределах горизонтов сработки водохранилища от максимальной до минимальной отметок. При отсутствии данных начальный объем частично подтопленной древесины на стадии окончания наполнения водохранилища по натурным исследованиям может быть принят в размере 7 % от объема насаждений, оставленных под затопление.

Товарная древесина при высоте деревьев 30–35 м должна быть по требованиям технических условий вырублена полностью,

так как вершины этих деревьев могут оказаться выше или на уровне горизонта сработки. При этом они могут вмерзнуть в лед и с подъемом уровня воды выкорчевываться.

Нетоварные насаждения представлены в значительной степени лиственными породами, средняя высота деревьев не превышает 15–20 м. В связи с этим эти деревья могут быть оставлены под затопление.

Поступление древесной массы при отпаде частично подтопленной древесины можно определить, если будет принято решение оставить часть древесины под затопление.

6. Поступление древесной массы в водохранилище от деятельности лесосплавных предприятий.

Количественные показатели поступления древесной массы в водохранилище от проведения технологических операций определены в соответствии с действующими нормативами потерь древесины при выполнении технологических операций и приведены в табл. 2 [4].

На участке реки от створа БоГЭС до створа МоГЭС транзитом сплавляется около 2,5 млн м<sup>3</sup> древесины в плотках. Потери древесины при сплаве в плотках составят 0,17 % (табл. 2)

$$2500 \text{ тыс. м}^3 \cdot 0,0017 = 4,25 \text{ тыс. м}^3.$$

Объем работ на рейдах отправления на предприятиях ниже створа БоГЭС составляет около 1000 тыс. м<sup>3</sup>.

Потери древесины при выполнении комплекса работ на сплотно-формировочных рейдах составят

$$1000 \text{ тыс. м}^3 \cdot 0,003 = 3,0 \text{ тыс. м}^3.$$

Таким образом, поступление древесины от деятельности лесосплавных предприятий составит 7,25 тыс. м<sup>3</sup>.

Т а б л и ц а 2

**Количественные показатели поступления древесной массы в водохранилище от технологических операций**

Наименование технологических операций	Единица измерения	Количественный показатель
Комплекс работ на рейдах сплотки (сплотка, формирование плотов)	% от навигационного объема сплотки	0,30
Буксировка плотов	% от объема буксировки	0,17
Выгрузка пучков из воды	% от объема выгрузки	0,31
Погрузочные и разгрузочные работы при судовых перевозках	% от объема погрузки или выгрузки	0,11

7. Поступление древесной массы из впадающих в водохранилище рек, не задействованных для целей лесосплава и лесотранспорта.

Количественный показатель этого фактора определяется по формуле

$$W_{cp} = 0,1 \cdot N \cdot L \cdot m \cdot B,$$

где  $N$  – запас древесины на гектаре, м<sup>3</sup>/га;

$L$  – протяженность реки, км;

$B$  – средняя ширина размыва берега за год, м/год;

$m$  – доля размываемых берегов по отношению к общей протяженности обоих берегов.

Параметры  $B$  и  $m$  определяют интенсивность размыва берегов, которая зависит от скорости течения, типа грунтов, извилистости рек, обеспеченности расхода, вида древесной растительности на берегах и другое. Величина  $B$  для рек центральной части Красноярского края колеблется от нескольких сантиметров до нескольких метров в год, а  $m$  – в пределах от 0 до 0,5.

При отсутствии информации по интенсивности размыва берегов рек можно воспользоваться графиком [4, 5], полученным по данным натурных исследований на реках Ангаро-Енисейского района.

$$W_{cp} = 0,1 \cdot N \cdot L \cdot m \cdot B =$$

$$= 0,1 \cdot 156,5 \cdot 200 \cdot 0,2 \cdot 0,25 = 156,5 \text{ м}^3,$$

где  $N$  – запас древесины на гектаре, принят 156,5 м<sup>3</sup>/га;

$L = 200$  км – длина участков рек, на которых возможен сплав деревьев с размываемых берегов;

$m, B$  – приняты по аналогии с реками, впадающими в Братское водохранилище, соответственно 0,25 и 0,20.

8. Поступление древесной массы в водохранилище от действия стихийных факторов.

К таким факторам прежде всего относятся стихийные бедствия (наводнения и ледоходы при высоких уровнях воды), повлекшие за собой аварии лесосплавных сооружений; деятельность различных несплавных предприятий, размещенных на берегу водохранилищ или реках; действия различных самозаготовителей, рыбаков, туристов и т.д.

Количественный показатель фактора стихийных бедствий установлен из анализа

этих явлений в Ангаро-Енисейском бассейне за период с 1965 по 1989 гг.

Так, для Братского водохранилища этот показатель определен в 40 тыс. м<sup>3</sup> в год. При этом необходимо учитывать, что Братское водохранилище эксплуатировалось и эксплуатируется более интенсивно для целей лесосплава по сравнению с другими водохранилищами Сибири.

Среднегодовой объем поступления сырья в водохранилище от стихийных факторов для условий Сибири рекомендуется принимать равным от 8,0 до 8,3 тыс. м<sup>3</sup> в год, объем поступления от неучтенных факторов – от 3 до 4 тыс. м<sup>3</sup> в год.

9. Поступление древесины с берегов Ангары вдоль уреза воды определится

$$W_p = L \cdot q = 394 \cdot 52 = 20467 \text{ м}^3,$$

где  $L$  – протяженность берегов Ангары по средней линии водохранилища равна 196,8 км;

$q$  – удельный запас древесины на 1 км на берегах Ангары, по данным СибГТУ составляет 52 м<sup>3</sup>/га.

В табл. 3 приведен объем древесной массы, который поступит в водохранилище после первого года заполнения водохранилища.

В табл. 4 приведен объем древесной массы, который поступит на акваторию водохранилища после первого года заполнения водохранилища.

Таким образом, объем древесной массы, которой поступит после первого года заполнения ложа водохранилища, составит 578,8 тыс. м<sup>3</sup>.

Т а б л и ц а 3

Источник загрязнения	Объем, м <sup>3</sup>
Порубочные остатки от проведения лесосводки и лесочистки	317086
Сухостой и валежник	175890
Вынос древесины из рек, не задействованных в целях лесосплава	157
Разнесенная древесина вдоль уреза воды	20467
Потери от стихийных факторов	8000
Неучтенные потери	3000
Потери от деятельности лесосплавных и лесозаготовительных предприятий	7250
Размыв берегов	47000
Всего	578850

Т а б л и ц а 4

Источник загрязнения	Объем, м <sup>3</sup>
Объем всплытия порубочных остатков	35856
Объем всплытия сухостоя и валежника	135000
Вынос древесины из рек, не задействованных в целях лесосплава	157
Разнесенная древесина вдоль уреза воды	20467
Потери от стихийных бедствий	8000
Неучтенные потери	3000
Потери от деятельности лесосплавных и лесозаготовительных предприятий	7250
Размыв берегов	47000
Всего	256700

Объем древесной массы, который поступит на акваторию водохранилища после первого заполнения, составит 256,7 тыс. м<sup>3</sup>.

Методика позволила определить запас древесной массы, который окажется в ложе водохранилища и поступит на акваторию водохранилища. Опыт строительства и эксплуатации водохранилищ ГЭС в Сибири показал, что невозможно технически и экономически подготовить ложе водохранилища под затопление в полном объеме в соответствии с СанПиН 3907-85.

Поэтому уже на стадии проектирования и строительства необходимо разра-

батывать мероприятия и соответствующее техническое обеспечение процессов очистки акваторий водохранилищ от древесной массы.

#### Библиографический список

1. Лапин, Г. Г. О состоянии и перспективах развития гидроэнергетики России / Г.Г. Лапин, В.В. Смирнов, Е.И. Ваксова // Гидротехническое строительство. – 2007. – № 6. – С. 9–15.
2. СанПиН 3907-85 Санитарные правила проектирования, строительства и эксплуатации водохранилищ. – Утв. Заместителем Главного государственного врача СССР 01.07.1985 г.
3. Корпачев, В. П. Прогноз засорения древесной массой водохранилища Богучанской ГЭС / В.П. Корпачев, Ю.И. Рябоконь, А.В. Насонов // Лесозаготовка : межвуз. сб. научн. тр. – Красноярск, 1995. – С. 18–27.
4. Корпачев, В. П. Методика прогнозирования поступления древесной массы при затоплении и эксплуатации водохранилищ ГЭС Ангаро-Енисейского региона / В.П. Корпачев, Л.И. Малинин, М.М. Чебых // Использование и восстановление ресурсов Ангаро-Енисейского региона : сб. научн. тр. Всесоюзн. научно-практ. конф. Т.П. – Красноярск, Лесосибирск, 1991. – С. 107–113.
5. Корпачев, В. П. Методика прогнозирования засорения древесной массой водохранилищ ГЭС в Сибири / В.П. Корпачев // Лесное хозяйство. – 2004. – № 6. – С. 21–23.

## ДЕГРАДАЦИЯ И ДЕМУТАЦИЯ РАСТЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ БИОМОРФ НА УЧАСТКАХ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

М.В. ЧЕРКАШИНА, *асп, н. с. Филиала ФГУ ВНИИЛМ «Тюменская лесная опытная станция»*

*lasurnay@mail.ru*

Исследования выполнены в подзонах северной и средней тайги на территории Сургутского и Нижневартовского районов Ханты-Мансийского автономного округа-Югры.

В качестве объектов исследования в Сургутском районе использованы спелые сосновые леса в брусничном и кустарничково-черничном типах леса на песчаных и супесчаных почвах, где были заложены эксперименты дозированного загрязнения товарной нефтью. Состав древостоя в сосняке брусничном 10СедБ, класс бонитета III, полнота 0,7, средний диаметр стволов 28 см. В сосняке кустарничково-черничном состав насаждения 8С2БедК, класс бонитета III, полнота 0,7, сред-

ний диаметр деревьев 24 см. Нефть вносилась в количествах 1, 5, 10, 20, 50, 100 л/м<sup>2</sup>.

В Нижневартовском районе проведено натурное обследование 17 аварийных разливов сырой нефти на верховых и переходных болотах со средним и сильным уровнем загрязнения давностью 4–18 лет и рекультивированные 2–10 лет назад фрезерованием почвы с внесением комплекса минеральных удобрений, высевом многолетних трав. Преобладающая часть нефтепроводов на болотах проходит вдоль автодорог. Вследствие изменения поверхностного стока насыпями дорог на прилегающей к ним территории происходит смена верхового типа болот на переходный.

**Проективное покрытие живым напочвенным покровом до и после дозированного загрязнения нефтью**

Доза нефти л/м <sup>2</sup>	Общее проективное покрытие						В том числе											
							полукустарнички					мхи и лишайники						
	до загрязнения	1 год	2 год	3 год	4 год	22 год	до загрязнения	1 год	2 год	3 год	4 год	22 год	до загрязнения	1 год	2 год	3 год	4 год	22 год
<b>Сосняк кустарничково-черничный</b>																		
5	98	6	6	4	4	78	21	6	5	6	8	35	77	ед.	1	1	2	61
10	100	4	3	6	6	85	23	4	3	2	3	15	77	ед.	-	1	1	84
20	100	4	4	4	5	76	26	4	3	3	3	11	74	ед.	1	2	2	77
50	87	3	2	2	2	70	39	5	2	2	2	7	48	ед.	ед.	ед.	1	69
100	89	3	2	3	3	72	28	3	1	2	2	11	61	ед.	1	1	1	72
<b>Сосняк брусничный</b>																		
5	99	3	4	4	4	78	20	3	3	3	3	4	79	ед.	1	1	1	79
10	100	5	6	6	6	88	33	3	3	3	3	3	67	2	3	3	3	84
20	97	4	5	4	5	68	17	3	2	2	2	3	80	1	3	2	3	68
50	87	2	ед.	2	2	80	33	2	ед.	1	1	7	54	ед.	ед.	1	1	80
100	90	2	ед.	ед.	1	70	30	2	ед.	ед.	1	1	60	-	-	-	-	69

На пробных площадях проводилось описание растительного покрова с определением общего проективного покрытия (в % по А.П. Шенникову) и проективного покрытия каждого доминирующего вида [1]. Для этого закладывались 15–20 учетных площадок размером 1 кв.м и 3–5 почвенных прикопок. В наиболее типичной прикопке закладывался почвенный разрез глубиной 0,7–1,0 м на минеральных почвах и 0,5 м – на торфянистых почвах. Описывали мощность каждого генетического горизонта, его цвет, механический состав, влажность, морфологические особенности. Замерялась глубина корнеобитаемого слоя (с сосредоточением 90 % корней травянистой растительности). Анализировалась глубина и особенности нефтяного загрязнения. Определялся уровень залегания грунтовых вод.

Учет состояния древостоя и живого напочвенного покрова на участках с загрязнением товарной нефтью проводился до загрязнения и на 1– 4, 9 и 22 годы после внесения нефти.

При разливах нефти первым погиб живой напочвенный покров. Следующим по чувствительности к нефтяному загрязнению оказался подрост высотой более 50 см. Наиболее устойчивы крупные деревья.

Наиболее чувствительны к нефтяному загрязнению мхи и лишайники, стебли и ри-

зоиды которых оказываются в зоне контактного действия нефтяного загрязнителя.

Деграция многолетних травянистых растений зависит от глубины расположения их корневых систем, дозы и глубины проникновения нефти. Экспериментальные данные показали, что при разливе нефти на дренированных почвах основное ее количество (50–80 %) задерживается лесной подстилкой, оторфованным горизонтом и верхним (5–10 см) слоем минерального горизонта. Распределение нефти вниз по почвенному профилю зависит от дозы загрязнителя и в минеральных горизонтах характеризуется постепенным уменьшением с глубиной. При небольших дозах загрязнителя (1–10 л/м<sup>2</sup>) усыхают лишь надземные части растений, с увеличением дозы нефти повреждаются корневые системы трав и органы их вегетативного возобновления.

Полукустарнички, такие как черника, брусника, относящиеся к длиннокорневищным корнеподстилочным видам, при разливах нефти погибают почти полностью, т.к. загрязненными оказываются не только надземные, но и подземные части растений, в связи с неглубоким (0–2 см) расположением в почве органов вегетативного размножения.

На пробных площадях после загрязнения товарной нефтью мхи и лишайники в

первые 4 года восстанавливались медленнее, чем травяной покров и полукустарнички: проективное покрытие ими не превышало 3 % (табл. 1). За девятилетний период на загрязненных участках не было отмечено восстановление зеленых мхов и лишайников [2]. К 22-ому году на всех участках дозированного загрязнения (5–100 л/м<sup>2</sup>) обилие мхов и лишайников (дикранум волнистый (*Dicranum undulatum Ehrh. ex Web. et Mohr*), плеврозиум Шребера (*Pleurozium schreberi (Brid.) Mitt.*), кладония (*Cladonia sp.*)) восстановилось до исходного уровня, а в ряде случаев превысило его.

Мхи и лишайники заселили загрязненные участки после накопления и частичного разложения опада (хвои, коры, мелких веток), являющегося благоприятным для них субстратом. Их ризоиды не проникают в горизонты почвы с высоким остаточным загрязнением смолистыми и асфальтовыми фракциями, которые характеризуются сравнительно невысокой фитотоксичностью.

Восстановление обилия многолетних трав до исходного уровня наиболее быстро происходит при дозах менее 10 л/м<sup>2</sup>, когда нефть не проникает глубоко в минеральные горизонты, поэтому подземные органы вегетативного размножения остаются неповрежденными. Преимущества в данном случае имеют глубококорневищные виды (вейник наземный (*Galamagrostis epigeios (L.) Roth*), хвощи лесной (*Equisetum sylvaticum L.*), полевой (*Equisetum arvense L.*) и зимующий (*Equisetum hyemale L.*), осока шаровидная (*Carex globularis L.*), с глубиной размещения корневищ в почве 10–25 см. Поэтому в первые годы после загрязнения они быстро восстанавливают усохшие надземные органы.

Возобновление кустарничков и полукустарничков семенным способом затрудняется вследствие наличия битуминизированной корки на поверхности почвы и наличия токсичных фракций нефти в толще почвы из-за консервации загрязнителя под битуминизированным слоем. Сохраняются жизнеспособными только особи, освоившие в качестве субстрата валеж, т.к. нефть, обтекая трухлявую древесину, почти не проникает внутрь стволов.

Восстановление исходного обилия полукустарничков не обнаружили даже по прошествии 22 лет с момента разлива нефти. Заселение семенным и вегетативным способом территории полукустарничками до исходного обилия требует более 25 лет.

В результате попадания нефти на ассимиляционный аппарат подрост хвойных и лиственных пород практически полностью погиб даже при минимальной (1 л/м<sup>2</sup>) дозе загрязнения. Процесс деградации подпологового подроста продолжался 1–2 года [2].

При аварийных разливах нефти иногда наблюдается лучшая сохранность подроста по сравнению с древостоем. Причина такого явления – ярко выраженный микрорельеф таежных биоценозов, обусловленный наличием большого количества валежа, пней, кочек. Нефть, сосредотачиваясь в понижениях рельефа, оставляет незатронутыми вершины микроповышений. Поселившийся здесь подрост сохраняет жизнеспособность при условии, что корневая система растений расположена в верхней (чистой) части освоенного субстрата [3].

На секциях с дозами нефти более 10 л/м<sup>2</sup> начиная со второго–третьего года, ежегодно появлялись всходы сосны и кедра, которые погибали в засушливые годы. На третий год количество одно-двухлетних всходов сосны (*Pinus sylvestris L.*) и кедра (*Pinus sibirica Du Tour*) составляло 0,6–1,3 тыс.экз./га на секциях с концентрацией нефти в лесной подстилке 13–17 % и 0,2 тыс.экз./га – при концентрации нефти 22 %. Однако на четвертый (1989) год в условиях сильной засухи они отмерли более чем на 80 %. Из-за неблагоприятных агрофизических свойств замазученной почвы рост всходов был очень замедленный [2].

На 9-й год состояние ранее сохранившегося подроста и самосева стабилизировалось, учтено большое количество новых всходов. Но на 22-й год ранее подсчитанные всходы не были обнаружены (табл. 2).

Подрост разных видов деревьев проявляет различную устойчивость к нефти. При малых дозах загрязнения лучше всего сохраняется береза (*Betula pendula Roth*). Однако с ростом замазученности субстрата ее устойчивость снижается быстрее, чем у подроста

хвойных пород. Из хвойных наиболее устойчивы сосна, кедр [3].

Таким образом, массовое появление самосева сосны и кедра в первое десятилетие после загрязнения песчаных и супесчаных почв нефтью не гарантирует надежное лесовосстановление.

Деревья благодаря более глубокому расположению корневых систем, большей биомассы, высоко вынесенному ассимиляционному аппарату при разливах товарной нефти из всего растительного покрова оказываются наиболее устойчивыми. Изменение состояния древостоя при нефтяном загрязнении проявляется постепенно, деградация может затягиваться на десятилетия.

Через 22 года после внесения нефти в сосняке кустарничково-черничном на делянках с дозами 5–10 л/м<sup>2</sup> состояние деревьев оценивалось как ослабленное, на делянках с дозами 20–50 л/м<sup>2</sup> – сильно ослабленное, на делянке 100 л/м<sup>2</sup> – усыхающие деревья (табл. 3).

Распределение нефти в почвах болот определяется преимущественно уровнем грунтовых вод, амплитудой колебания его в течение вегетационного сезона, а также плотностью деятельного горизонта торфа. На сфагново-осоковых болотах основное количество нефти сосредотачивается в верхнем пятисантиметровом слое, на сфагново-кустарничковых – в 10–15-сантиметровом слое. Снижение концентрации с глубиной постепенное. При падении уровня грунтовых вод нефть оседает на поверхности болота и постепенно затвердевает, образуя битумообразную корку.

При аварийных разливах на осоко-сфагновом болоте нефть скапливается в межкочечных пространствах. Осоки, разрастающиеся кочками, остаются жизнеспособными.

При порывах нефтепроводов вдоль автодорог, где грунтовые воды находятся у поверхности и произрастает гидрофитная растительность, растения остаются жизнеспособными благодаря наличию воздухоносных каналов. Ярким примером являются рогоз узколистый (*Typha angustifolia* L.) и осока топяная (*Carex limosa* L.).

Т а б л и ц а 2

**Количество самосева древесных пород в разные годы после дозированного разлива нефти, тыс.экз./га**

Тип леса	Годы появления всходов после загрязнения	Сосна	Кедр
Сосняк брусничный	2 – 4	0	0
	5 – 7	0,7	0,4
	8 – 9	3,4	0,5
	Всего на 9 год	4,1	0,9
Всего на 22-й год ранее учтенных		0	0
Сосняк кустарничково-черничный	2 – 4	0	0,2
	5 – 7	2,4	1,6
	8 – 9	5,1	0,1
	Всего на 9 год	7,5	1,9
Всего на 22-й год ранее учтенных		0	0

Т а б л и ц а 3

**Категории состояния деревьев в сосняке кустарничково-черничном на участках с дозированным загрязнением нефтью**

Порода	Годы наблюдений	Доза нефти, л/м <sup>2</sup>					
		1	5	10	20	50	100
Сосна	до загрязнения	II,1	I,6	I,5	I,5	I,9	I,7
	1	II,8	II,4	II,0	II,0	III,1	II,8
	2	I,9	II,0	I,9	I,6	III,0	III,0
	22	I,9	II,3	II,2	III,0	III,4	IV,3

На старых разливах нефти преградой для заселения семенным способом растений является битуминизированная корка на поверхности почвы. При проведении восстановительных мероприятий, включающих фрезерование почвы, происходит разрушение битуминизированной корки, улучшение водно-воздушного режима, перемешивание загрязненного слоя нефти с чистым, следствием чего является интенсификация процессов деградации углеводородов нефти и уменьшение общей токсичности загрязненной почвы.

На второй и в последующие годы после окончания рекультивационных работ площади участков начинают заселять семенным способом местные виды растений. Первыми появляются виды с мелкими летучими семенами: пушица влагилищная (*Eriophorum vaginatum* L.), вейник пурпурный (*Galamagrostis purpurea* (Trin.) Trin. s.l.), пушица многоколосковая (*Eriophorum*

*polystachion L.*), осока пепельно-серая (*Carex cinerea Poll*), рогоз (*Typha angustifolia L.*), кипрей болотный (*Epilobium palustre L.*), иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium L.*), ситник лягушачий (*Juncus ranarius Song. et Perrier ex Billot*), среди мхов: кукушкин лен (*Polytrichum commune Hedw*), сфагнум оттопыренный (*Sphagnum squarrosum Crome*).

После деградации нефтяного загрязнителя и восстановления растительного покрова рекультивированных участков доминирование видов в травяном покрове определяется гидрологическими условиями. Большинство болотных участков после рекультивации зарастают пушицей влагалищной (*Eriophorum vaginatum L.*) и многоколосковой (*Eriophorum polystachion L.*), осоками вздутой (*Carex rostrata Stokes*) и топяной (*Carex limosa L.*), вейником пурпурным (*Galamagrostis purpurea Trin.*).

Среди древесных видов дальним раселением семян ветром и удовлетворительной выживаемостью на рекультивированных участках отмечены осина (*Populus tremula L.*), березы пушистая (*Betula alba L.*) и повислая (*Betula pendula Roth*), некоторые виды ив (*Salix sp.*). Семена кедра на старые нефтяные разливы заносятся кедровкой, которая зачерненные битумом участки, вероятно, принимает за гари.

### Выводы

1. При нефтяном загрязнении сохранность растений зависит от глубины размеще-

ния подземных органов вегетативного возобновления, что определяет топографическую избирательность действия нефтяного загрязнителя.

2. Восстановление мхов и лишайников происходит только после появления чистого субстрата.

3. В живом напочвенном покрове на нефтезагрязненных участках наиболее быстро восстанавливаются травы. В качестве пионерных видов на старых разливах встречаются рогоз, ситник лягушачий, осоки, частуха, ситняг, канареечник, вейники, кипрей болотный, иван-чай, пушица влагалищная.

4. Достижение травянистой растительностью исходного обилия при слабом загрязнении происходит за 3–5 лет, при среднем – в течение 5–15 лет. Для восстановления на сильно загрязненных участках брусники, черники и других ягодных полукустарничков потребуются десятки и сотни лет, нередко наблюдается полное их исчезновение.

### Библиографический список

1. Шенников, А.П. Введение в геоботанику / А.П. Шенников. – Л., 1964. – 447 с.
2. Чижов, Б.Е. Дegrаdационно-восстановительная динамика лесных фитоценозов после нефтяного загрязнения / Б.Е. Чижов, А.И. Захаров, Г.А. Гаркунов // Леса и лесное хозяйство Западной Сибири. – Тюмень: ТюмГУ, 1998. – Вып. 6. – С. 160–172.
3. Казанцева, М.Н. Влияние нефтяного загрязнения на таежные фитоценозы Среднего Приобья: автореф. дис. ... канд. биол. наук / М.Н. Казанцева. – Екатеринбург, 1994. – 26 с.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН И АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЕМОВ ОПЕРАТИВНЫХ ЗАПАСОВ

А.Н. ЗАЙКИН, доц. каф. оборудования лесного комплекса и технического сервиса БГИТА, канд. техн. наук

*mail@bgita.ru*

Технологический процесс лесозаготовительного производства осуществляется вне помещений в условиях непосредственного воздействия на рабочих и технику различных природных факторов. Помимо них на неравномерность лесозаготовительного производства оказывает большое влияние рассредоточенность выполнения технологических операций на большой территории, частая перебазировка машин с одной лесосеки на другую. Кроме этого лесосечные работы выполняются по разным технологическим схемам различными типами и комплектами машин.

Нормальное течение любого производственного процесса, в том числе и лесозаготовительного, требует создания на различных фазах запасов сырья, заготовок, материалов, продукции. На стыках производственных операций запасы создаются для бесперебойной работы оборудования. Создание таких запасов является необходимой мерой, так как соблюдение зоны безопасной работы, неравномерность выработки или фактической производительности оборудования на смежных операциях, остановки оборудования и прочее полностью устранить невозможно.

Взаимодействие машин на лесосечных работах позволяет рассматривать и имитировать пополнение и выработку запасов при этих работах как процессы массового обслуживания. Действительно, поступление объектов труда в запас и выработка их из запаса производится отдельными порциями: отдельные деревья на валке, пачки деревьев или хлыстов на трелевке, отдельные деревья или пачки на обрезке сучьев и т.д. [3, 5, 6 и др.] можно рассматривать как поток заявок на обслуживание. Обработкой этих объектов труда является обслуживание, а обрабатывающие их технические средства – обслуживающие аппараты.

При определении объемов запасов с помощью аналитических моделей ТМО для лесосечных работ не учитывается технологическая взаимосвязь смежного оборудования, особенности создания межоперационных запасов между операциями лесосечных работ, отличающие их от буферных запасов, не отражается также работа на операциях различных типов машин.

Значительные погрешности этих методов вызывают отличие фактических потоков обрабатываемых объектов на лесосечных работах от простейших (нестационарность, неординарность) [2, 7 и др.].

Отсутствие аналитических методов изучения многофазных СМО с достаточно общими характеристиками – одна из причин широкого применения статистического моделирования, в том числе и для анализа процессов лесной промышленности [1, 2, 4, 8].

Обобщая результаты анализа выполненных работ, можно констатировать, что в основном работы посвящены определению необходимых объемов запасов и упор в управлении запасами лесоматериалов делается на методы и модели, допускающие формализацию основных факторов или основанные на известных распределениях вероятностей.

Обзор работ по управлению запасами лесоматериалов в ЛЗП позволяет сделать выводы:

1. Для расчетов разработано достаточно много моделей и методик решения частных задач преимущественно формального характера и в меньшей степени – управления режимами пополнения и потребления запасов.

2. Для решения задач управления пассивными (резервными, страховыми, сезонными и т.п.) запасами лесоматериалов применяются либо усредненные аналитические методы (среднесуточный объем работ умно-

жается на продолжительность планируемого периода), либо находится решение по известному или предполагаемому распределению вероятностей исследуемого процесса при заданном уровне доверительной вероятности.

3. Требуют уточнения математические модели процесса пополнения и потребления запасов с учетом технологической взаимосвязи оборудования и подключения резервного оборудования.

4. Не изучено влияние разности величины объемов выработки оборудования на смежных операциях на объем оперативного запаса древесины между этими операциями.

5. Требуют уточнения модели по определению оптимальных режимов пополнения и потребления запасов.

В работе [4] были предложены математические модели процесса пополнения и потребления запасов с учетом технологической взаимосвязи оборудования и подключения резервного оборудования, а также модели по определению оптимальных режимов пополнения и выработки запасов между парой операций по условию их максимальной выработки. Как показали дальнейшие исследования, эти модели должны учитывать максимальный объем выработки комплекта, а не только пары смежных операций. Кроме этого предлагается учитывать запас, обеспечивающий работу смежного оборудования на тот случай, когда одно из них простаивает по причине выхода из строя другого (технический уровень, составляющий вместе с технологическим объемом объем страховых запасов).

Величина технологического уровня запасов между операциями валка и трелевка определяется объемом древесины, обеспечивающим пятидесятиметровую, а между операциями трелевка и обрезка сучьев, обрезка сучьев и погрузка – тридцатиметровую зону безопасной работы.

Технологический уровень объема запасов между операциями валка и трелевка или валка и обрезка сучьев, если последняя выполняется у пня, можно рассчитать по формуле

$$Q_{\text{ТЛ}} = L \cdot B \cdot Q_{\text{ср}} / 10000,$$

где  $L$ ,  $B$  – длина и ширина зоны безопасной работы (разрабатываемой ленты), м;  
 $Q_{\text{ср}}$  – средний запас древесины на га, м<sup>3</sup>/га.

При  $L = 50 \div 250$  м;  $B = 50$  м,  $Q_{\text{ТЛ}} = (0,25 - 1,25) Q_{\text{ср}}$  между операциями трелевка и обрезка сучьев, обрезка сучьев и погрузка этот уровень запасов может быть обеспечен сменным объемом древесины ( $\Pi_{\text{см}}$ ) соответственно сучкорезной (сучкорезно-раскряжевной) машины или погрузчика, т. е.  $Q_{\text{ТЛ}} = \Pi_{\text{см}}$ .

Объем технического уровня запасов можно определить, рассмотрев простейшую линию, состоящую из двух технических средств (ТС), производительности которых в единицу времени соответственно равны  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ , а коэффициенты технической готовности  $K_{\text{тр1}}$  и  $K_{\text{тр2}}$ . Продолжительность простоя в единицу времени будет соответственно равна

$$T_{\text{пр1}} = 1 - K_{\text{тр1}}; T_{\text{пр2}} = 1 - K_{\text{тр2}},$$

тогда продолжительность наложенных простоев в единицу времени двух смежных ТС составит

$$T_{\text{прН}} = T_{\text{пр1}} + T_{\text{пр2}} = 1 - K_{\text{тр1}} + 1 - K_{\text{тр2}} = 2 - (K_{\text{тр1}} + K_{\text{тр2}}),$$

а объем технического уровня запасов в единицу времени для бесперебойной работы второго ТС, в то время когда предыдущее простаивает, составит

$Q_{\text{ТХ}} = \Pi_{i \text{ max}} \times T_{\text{прН}} = \Pi_{i \text{ max}} \times [2 - (K_{\text{тр1}} + K_{\text{тр2}})]$ , где  $\Pi_{i \text{ max}}$  – наибольшая (максимальная) часовая производительность одного из ТС.

С учетом этого объем запасов, необходимый для бесперебойной работы ТС в течение смены, составит

$$Q_{\text{ТХ}} = \Pi_{i \text{ max}} \times T_{\text{прН}} \times T_{\text{см}} = \Pi_{i \text{ max}} \times [2 - (K_{\text{тр1}} + K_{\text{тр2}})] \times T_{\text{см}}$$

Для интенсификации лесосечных работ необходимо обеспечить полную загрузку машин и механизмов как на отдельных операциях комплектов машин, так и комплекта в целом. Полное использование производственных возможностей лесозаготовительных машин и оборудования в значительной степени зависит от соответствия, конструктивных особенностей и параметров организации работы в конкретных природно-производственных условиях. Соответствие параметров организации работы или параметров взаимосвязи машин достигается в процессе технологических расчетов с определением оптимальных режимов их функционирования: численности машин, времени их работы, объемов оперативных запасов древесины и т.д. Для выпол-

нения таких расчетов необходимо моделирование различных технологических процессов лесозаготовок и, в частности, лесосечных работ. Разработанные модели должны учитывать следующие особенности выполнения лесосечных работ: одновременное начало работы машин на отдельных операциях; необходимость создания и поддержания на определенном, рассчитанном для конкретных условий уровне межоперационных оперативных запасов объектов труда (ОТ) (деревьев, хлыстов, сортиментов); частую перебазировку машин с одной лесосеки на другую; перебазировка машин выполняется не всех сразу, а с определенным интервалом и др.

Анализ работы лесосечных машин показал, что подобрать численность машин в комплекте так, чтобы их производительность на всех операциях была бы одинаковой, практически невозможно. Обычно или валочные (валочно-пакетирующие) машины уходят вперед и на лесосеке создается недопустимо большой объем сваленных деревьев, или трелевочным тракторам недостаточно древесины и они начинают работать с простоями, а вслед за ними простаивают и сучкорезные (сучкорезно-раскряжевочные) машины. Общий объем выработки такого комплекта машин зачастую равен минимальному объему выработки машин на одной из основных операций, составляющих комплект, т.е.

$$Q = \min \{Q\} = Q_{\min}.$$

Требуется так организовать процесс, чтобы общий объем выработки всего комплекта машин был бы равен или близок к максимальному объему выработки на основной операции, выполняемой головной машиной, т.е.

$$Q = \max \{Q\} = Q_{\max}.$$

Данное условие может быть реализовано с учетом поддержания на требуемом уровне необходимых в конкретных производственных условиях объемов оперативных запасов путем маневрирования численностью или сменностью работы машин на отстающих операциях. То есть на операциях с объемом выработки меньшим, чем  $Q_{\max}$ , следует на определенное, рассчитанное для конкретных условий время подключать дополнительную машину или же на это время увеличивать сменность работы на этой операции одной

или нескольких машин. Для такой организации труда сначала требуется определить, на каких операциях необходимо маневрирование численностью или сменностью работы машин по условию

$$Q_i - Q_s \begin{cases} < 0 - \text{требуется маневрирование} \\ & \text{на } i\text{-й операции;} \\ = 0 - \text{маневрирование не требуется;} \\ > 0 - \text{требуется маневрирование} \\ & \text{на } s\text{-й операции,} \end{cases}$$

где  $Q_i$  – объем пополнения запаса машинами  $i$ -й операции.

$$Q_i = \Pi_i \cdot n_i \cdot k_i;$$

где  $Q_s$  – объем выработки запаса машинами  $s$ -й операции.

$$Q_s = \Pi_s \cdot n_s \cdot k_s;$$

где  $\Pi_i$  и  $\Pi_s$  – производительность;  $n_i$  и  $n_s$  – число;

$k_i$  и  $k_s$  – число смен работы машин на  $i$ -й и  $s$ -й операциях;

$i$  – любое целое число (1, 2, 3 ...  $L$ ),  
 $s = i + 1$ .

И для тех операций, на которых требуется маневрирование численностью (сменностью работы) машин, определяется продолжительность работы в планируемый период.

Анализ работы лесосечных машин показал, что в основном возможны два варианта несоответствия объемов выработки на смежных операциях. Первый, когда объем выработки машин на предыдущей  $i$ -й операции больше, чем на последующей  $s$ -й ( $Q_i > Q_s$ ); второй – наоборот. Графическая модель пополнения и выработки объемов оперативных запасов для этих случаев с учетом подключения дополнительных машин в конце расчетного месяца будет иметь следующий вид (рис. 1).

Первый месяц ( $T^{(1)}$ ) разработки лесосеки включает: число дней  $t_1$  – необходимое для создания запасов;  $t_2$  – для их пополнения и выработки основными машинами без подключения дополнительных;  $t_3$  – совместной работы основных и дополнительных машин. Второй и ( $j-1$ )-тый месяцы ( $T^{(j)}$ ) (в расчетном периоде  $j = 1, 2, 3, \dots, J$  месяцев) содержат число дней  $t_2$  и  $t_3$  соответственно работы только основного оборудования и основного и дополнительного.

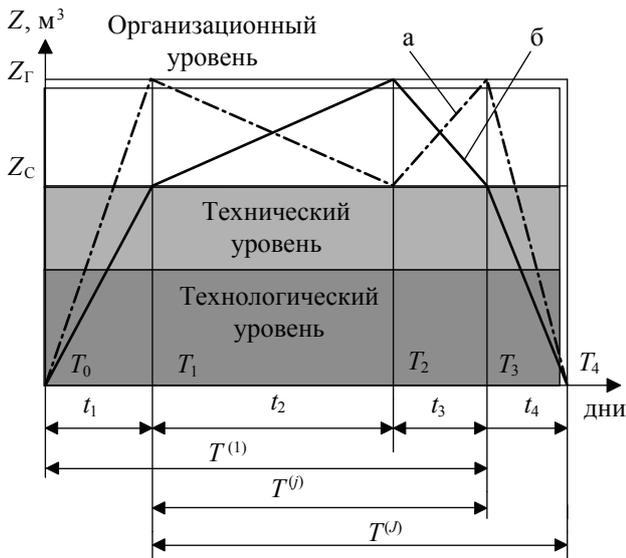


Рис. 1. Изменение запасов древесины в течение всего периода разработки лесосеки в зависимости от соотношения объемов их пополнения и выработки: а –  $Q_i < Q_s$ ; б –  $Q_i > Q_s$

Последний месяц ( $T^{(3)}$ ) характеризуется числом дней ( $t_2, t_3, t_4$ , где  $t_4$  – число дней, необходимое основным  $s$ -м машинам, вырабатывающим запасы) для реализации запасов древесины после перебазировки  $i$ -х машин (пополняющих запасы) на новую лесосеку.

Момент времени  $T_1$  соответствует началу совместной работы основных машин на предыдущей операции с объемом пополнения запасов  $Q_i$  и последующей с объемом их выработки  $Q_s$ . Если объемы пополнения запасов меньше их выработки ( $Q_i < Q_s$ ), то объемы запасов с момента  $T_1$  начнут уменьшаться (рис. 1 а), а если ( $Q_i > Q_s$ ), то увеличиваться (рис. 1 б). Для ограничения роста или снижения объемов запасов необходимо на отстающих операциях в момент времени  $T_2$  подключать дополнительные машины (с объемом пополнения запасов  $Q_{iD}$  или выработки  $Q_{SD}$ ) или увеличивать число смен работы основных машин. После изменения численности или сменности работы  $s$ -х машин при ( $Q_i > Q_s$ ) объем выработки ( $Q_s$ ) запаса увеличится до величины ( $Q_s^{(D)} = Q_s + Q_{SD}$ ), которая должна быть больше объема пополнения ( $Q_i < Q_s^{(D)}$ ). Тогда объем запасов начнет снижаться и за время  $t_3$  достигнет уровня страхового запаса  $Z_C$  (момент  $T_3$ ).

После подключения изменения численности или сменности работы  $i$ -х машин

при ( $Q_i < Q_s$ ) объем пополнения ( $Q_i$ ) запаса увеличится до величины ( $Q_i^{(D)} = Q_i + Q_{iD}$ ), которая должна быть больше объема выработки ( $Q_i^{(D)} > Q_s$ ). Тогда объем запасов начнет расти и за время  $t_3$  достигнет величины гарантийного уровня  $Z_G$  (момент  $T_3$ ). Такой режим работы лесосечных машин дает возможность начать второй и  $j$ -й месяц разработки лесосеки, имея величину оперативного запаса, равную  $Q_C$  ( $Q_i > Q_s$ ) или  $Q_G$  ( $Q_i < Q_s$ ).

В соответствии с рис. 1 и анализом общепринятого показателя отчетности – числа дней работы машин (месяц), при условии одновременного начала работы машин на отдельных операциях, число дней ( $t_1$ ) работы  $i$ -х машин до создания гарантийного уровня запаса (при  $Q_i < Q_s$ ) будет равно частному от деления величины этого запаса ( $Z_G$ ) на сменный объем ( $Q_i$ ) пополнения (создания) запаса основными  $i$ -ми машинами

$$t_1 = Z_G / Q_i \quad (1)$$

Число дней ( $t_2$ ) совместной работы  $i$ -х и  $s$ -х машин до изменения численности (сменности)  $i$ -х (при  $Q_i < Q_s$ ) определяется как частное от деления разности объемов запасов ( $Z_G - Z_C$ ) на разность между объемами пополнения и выработки запасов ( $Q_s - Q_i$ )

$$t_2 = (Z_G - Z_C) / (Q_s - Q_i) \text{ или } t_2 = \Delta Z / (Q_s - Q_i) \quad (2)$$

Продолжительность ( $t_3$ ) работы дополнительных  $i$ -х машин совместно с основными, с целью поддержания запасов, равных  $Z_G$ , определяется как частное от деления разности ( $Z_G - Z_C$ ) на величину объема пополнения запаса ( $Q_i^{(D)}$ ) от основных и дополнительных  $i$ -х машин, уменьшенного на объем выработки запаса ( $Q_s$ )  $s$ -ми машинами ( $Q_i^{(D)} - Q_s$ )

$$t_3 = (Z_G - Z_C) / (Q_i^{(D)} - Q_s) \quad (3)$$

Общая продолжительность планируемого периода (месяца) будет равна

$$T = t_1 + t_2 + t_3 \quad (4)$$

тогда для первого месяца разработки лесосеки продолжительность планируемого периода будет равна

$$T^{(1)} = \frac{Z_G}{Q_i} + \frac{Z_G - Z_C}{Q_s - Q_i} + \frac{Z_G - Z_C}{Q_i^{(D)} - Q_s} \quad (5)$$

Проведя соответствующие преобразования и решив уравнение (5) относительно  $Z_G$ , получим математическую модель (6) для

определения гарантийного уровня оперативного запаса в зависимости от объемов его пополнения и выработки, с учетом подключения дополнительных машин на отстающей операции при ( $Q_i < Q_S$ )

$$Z_{\Gamma} = \frac{[T^{(1)} \cdot (Q_S - Q_i) \times \times (Q_i^{(D)} - Q_S) + Z_C \cdot Q_{iD}] \cdot Q_i}{(Q_S - Q_i) \cdot (Q_i^{(D)} - Q_S) + Q_i \cdot Q_{iD}} \quad (6)$$

Для случая ( $Q_i > Q_S$ ) величину  $Z_{\Gamma}$  можно получить, определив для этого число дней  $t_2$  по формуле

$$t_2 = (Z_{\Gamma} - Z_C) / (Q_S - Q_i),$$

число дней  $t_3$  по формуле

$$t_3 = (Z_{\Gamma} - Z_C) / (Q_S^{(D)} - Q_i),$$

и число дней  $t_1$  по формуле

$$t_1 = Z_C / Q_i.$$

Тогда продолжительность всего месяца определим как

$$T^{(1)} = \frac{Z_C}{Q_i} + \frac{Z_{\Gamma} - Z_C}{Q_i - Q_S} + \frac{Z_{\Gamma} - Z_C}{Q_S^{(D)} - Q_i} \quad (7)$$

Проведя соответствующие преобразования и решив уравнение (7) относительно  $Z_{\Gamma}$ , получим математическую модель (8) для определения гарантийного уровня оперативного запаса в зависимости от объемов его пополнения и выработки с учетом подключения дополнительных машин на отстающей операции при ( $Q_i > Q_S$ )

$$Z_{\Gamma} = ((T^{(1)} \cdot Q_i - Z_C) \cdot (Q_i - Q_S) \cdot (Q_S^{(D)} - Q_i) + + Z_C \cdot Q_i \cdot Q_{SD}) / Q_i \cdot Q_{SD} \quad (8)$$

Полученные математические модели 6 и 8 позволяют определить режимы работы и, в частности, объем гарантийного уровня оперативных запасов между парой операций с учетом максимальной выработки на одной из них и подключением дополнительных машин на отстающей операции в конце планируемого месяца. Для расчета режимов работы комплекта машин, имеющих более двух операций, необходимо применять те же формулы, но с учетом максимальной выработки на одной из операций комплекта, т.е. с учетом максимальной выработки комплекта машин ( $Q_{\max}$ ). Поэтому модели (2 и 4) для определения объема предельного оперативного запаса для первого месяца разработки лесосеки примут вид для случая ( $Q_i < Q_S$ )

$$Z_{\Gamma} = \frac{[T^{(1)} \cdot (Q_{\max} - Q_i) \times \times (Q_i^{(D)} - Q_{\max}) + Z_C \cdot Q_{iD}] \cdot Q_i}{(Q_{\max} - Q_i) \cdot (Q_i^{(D)} - Q_{\max}) + Q_i \cdot Q_{iD}} \quad (9)$$

для случая ( $Q_i > Q_S$ )

$$Z_{\Gamma} = ((T^{(1)} \cdot Q_{\max} - Z_C) \cdot (Q_{\max} - Q_S) \cdot (Q_S^{(D)} - Q_{\max}) + + Z_C \cdot Q_{\max} \cdot Q_{SD}) / Q_{\max} \cdot Q_{SD} \quad (10)$$

Аналогично рассуждая, мы получили математические модели для определения объемов запасов для других месяцев – для второго и последующих  $j$ -х месяцев при ( $Q_i > Q_S$ )

$$Z_{\Gamma} = (T^j \cdot (Q_{\max} - Q_S) \cdot (Q_S^{(D)} - Q_{\max}) + + Z_C \cdot Q_{SD}) / Q_{SD} \quad (11)$$

при ( $Q_i < Q_S$ )

$$Z_{\Gamma} = (T^j \cdot (Q_{\max} - Q_i) \cdot (Q_i^{(D)} - Q_{\max}) + + Z_C \cdot Q_{iD}) / Q_{iD} \quad (12)$$

– для последнего  $J$ -го месяца при ( $Q_i < Q_S$ )

$$Z_{\Gamma} = \frac{[T^{(J)} \cdot (Q_{\max} - Q_i) \times \times (Q_i^{(D)} - Q_{\max}) + Z_C \cdot Q_{iD}] \cdot Q_{\max}}{(Q_{\max} - Q_i) \cdot (Q_i^{(D)} - Q_{\max}) + Q_{\max} \cdot Q_{iD}} \quad (13)$$

при ( $Q_i > Q_S$ )

$$Z_{\Gamma} = ((T^{(J)} \cdot Q_S - Z_C) \cdot (Q_{\max} - Q_S) \cdot (Q_S^{(D)} - Q_{\max}) + + Z_C \cdot Q_S \cdot Q_{SD}) / Q_S \cdot Q_{SD} \quad (14)$$

Полученные математические модели (9–14) дают возможность определить величину гарантийного уровня оперативных запасов между каждой парой операций, обеспечивающих бесперебойную работу транспортно-технологического потока комплекта лесосечных машин. Для того чтобы оперативные запасы не превышали величины гарантийного уровня и не снижались ниже уровня страховых запасов, необходимо знать, когда, на сколько и какое дополнительное техническое средство требуется подключать к основному комплекту машин (или насколько необходимо увеличить число дней работы основного оборудования).

Для ответа на эти вопросы были получены математические модели для определения продолжительности времени работы дополнительного оборудования на отстающих операциях с учетом максимальной выработки комплекта машин в различных условиях их эксплуатации.

При ( $Q_i < Q_S$ ):  
для первого месяца

$$t_3^{(1)} = ((T^{(1)} \cdot Q_i - Z_C) \cdot (Q_{\max} - Q_i)) / Q_i \cdot Q_{iD} \quad (22)$$

**Значение нормы выработки, максимального и минимального объемов выработки комплекта машин в зависимости от среднего объема хлыста**

Средний объем хлыста, $(q_{хл})$ м <sup>3</sup>	Значение объема выработки комплекта машин, м <sup>3</sup> /день				
	норма выработки			объем выработки	
	ЛП-19 (1 шт.)	ЛТ-154 (2 шт.)	ЛП-33 А (1шт.)	$\Pi_{max}$	$\Pi_{min}$
0,22-0,29	165	174	123	174	123
0,30-0,39	195	200	144	200	144
0,40-0,49	225	218	163	225	163
0,50-0,75	265	234	190	265	190
0,76-1,10	310	248	223	310	223
1,1 и боле	355	264	260	355	260

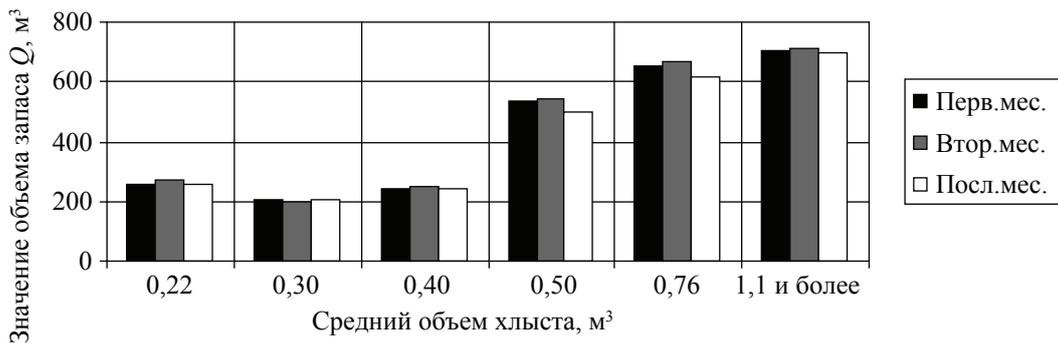


Рис. 2. Изменение объемов оперативных запасов между операциями валка и трелевка

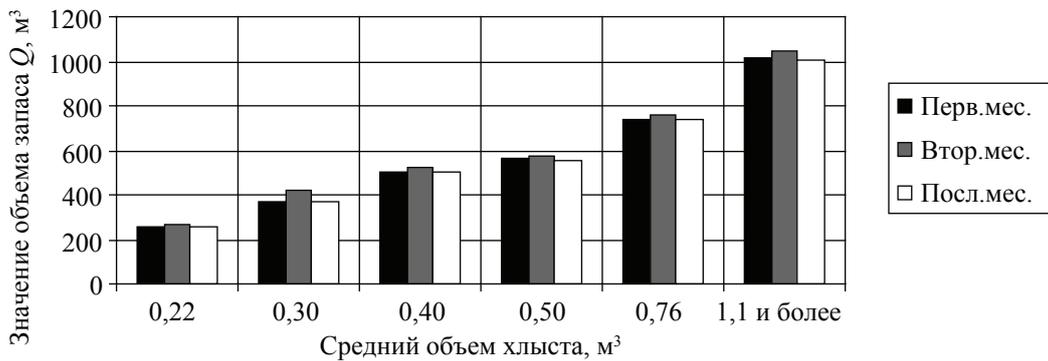


Рис. 3. Изменение объемов оперативных запасов между операциями трелевка и обрезка сучьев

для второго и  $j$ -го месяца

$$t_3^{(j)} = (T^{(j)} \cdot (Q_{max} - Q_i)) / Q_{iD}; \quad (23)$$

для последнего  $J$ -го месяца

$$t_3^{(j)} = ((T^{(j)} \cdot Q_{max} - Z_{\Gamma}) \cdot (Q_{max} - Q_i)) / Q_{max} \cdot Q_{iD}. \quad (24)$$

При  $(Q_i > Q_s)$ :

для первого месяца

$$t_3^{(1)} = ((T^{(1)} \cdot Q_{max} - Z_{\Gamma}) \cdot (Q_{max} - Q_s)) / Q_{max} \cdot Q_{SD}; \quad (25)$$

для второго и  $j$ -го месяца

$$t_3^{(j)} = (T^{(j)} \cdot (Q_{max} - Q_s)) / Q_{SD}; \quad (26)$$

для последнего  $J$ -го месяца

$$t_3^{(j)} = ((T^{(j)} \cdot Q_s - Z_{\Gamma}) \cdot (Q_{max} - Q_s)) / Q_s \cdot Q_{SD}. \quad (27)$$

Полученные математические модели (9–14) и (22–27) позволяют определить режимы работы комплекта машин с учетом их максимальной выработки (выработки, равной

ведущей машины) в конкретных производственных условиях.

Анализ изменения объемов оперативных запасов между операциями (валка – трелевка, трелевка – обрезка сучьев) для различных месяцев разработки лесосеки и объемов хлыста, рассчитанных для комплекта машин (табл. 1), показывает, что их значения между отдельными парами операций отличаются друг от друга незначительно (рис. 2 и 3). Это отличие изменяется до 6 % между операциями валка и трелевка и до 3 % между операциями трелевка – обрезка сучьев. Незначительное отличие величины объема запасов по отдельным месяцам говорит о том, что после

окончания одного месяца и начала работы машин в другом величина объемов запасов будет стабильной, а следовательно, работа лесосечных машин на смежных операциях бесперебойной.

С увеличением объема хлыста запасы между операциями увеличиваются. Это объясняется тем, что с увеличением объема хлыста увеличивается производительность машин на операциях и разница объемов выработки. С другой стороны, с уменьшением разницы между объемами пополнения и выработки уменьшаются объемы запасов и разница между ними для отдельных объемов хлыста. Так, при разнице объемов пополнения и выработки запасов от 51 м<sup>3</sup> до 95 м<sup>3</sup> разница объемов между запасами составит 1017,0 – 256,6 = 706,4 м<sup>3</sup>. При разнице от 27 м<sup>3</sup> до 43 м<sup>3</sup>, соответственно 697,7 – 192,4 = 505,3 м<sup>3</sup>. При разнице от 14 м<sup>3</sup> до 20 м<sup>3</sup> – 593,8 – 300,8 = 293,0 м<sup>3</sup>.

Например, за счет организации работы по рассчитанным режимам, объем выработки комплекта машин в составе одной валочно-

пакетирующей (225 м<sup>3</sup>), двух трелевочных (218 м<sup>3</sup>) и одной сучкорезной (163 м<sup>3</sup>), будет равен 225 м<sup>3</sup>, т.е. увеличится на 38 % при условии, что на отстающих операциях (трелевке и обрезке сучьев) будет подключено дополнительное оборудование.

Несколько ниже увеличение объема выработки для комплекта машин в составе харвестера «Амкодор-2551» и двух форвардеров «Амкодор-2661». Это увеличение находится в пределах от 7 % до 30 % (табл. 2). Значения объема оперативных запасов между отдельными парами операций отличаются друг от друга также незначительно (рис. 4).

Увеличение объема выработки комплекта машин до максимально возможного уровня позволяет уменьшить продолжительность работы машин на лесосеке, примерно на 30 %, снизить удельные капитальные вложения на 15–20 руб./м<sup>3</sup>, а эксплуатационные затраты на 12–20 % и вредное воздействие машин на лесные экосистемы, только по объему вредных выбросов с отработавшими газами, примерно на 15–20 %.

Т а б л и ц а 2

**Значение нормы выработки, максимального и минимального объемов выработки комплекта машин в зависимости от среднего объема хлыста**

Средний объем хлыста, ( $q_{хл}$ ) м <sup>3</sup>	Значение объема выработки комплекта машин, м <sup>3</sup> /день				
	норма выработки		объем выработки		
	Амкодор-2551(1 шт.) (харвестер)	Амкодор-2661 (2 шт.) (форвардер)	$\Pi_{max}$	$\Pi_{min}$	
0,22–0,29	126	68	136	126	
0,30–0,39	148	76	152	148	
0,40–0,49	162	86	172	162	
0,50–0,75	184	95	190	184	
0,76–1,10	240	102	240	204	
1,1 и боле	268	124	268	248	

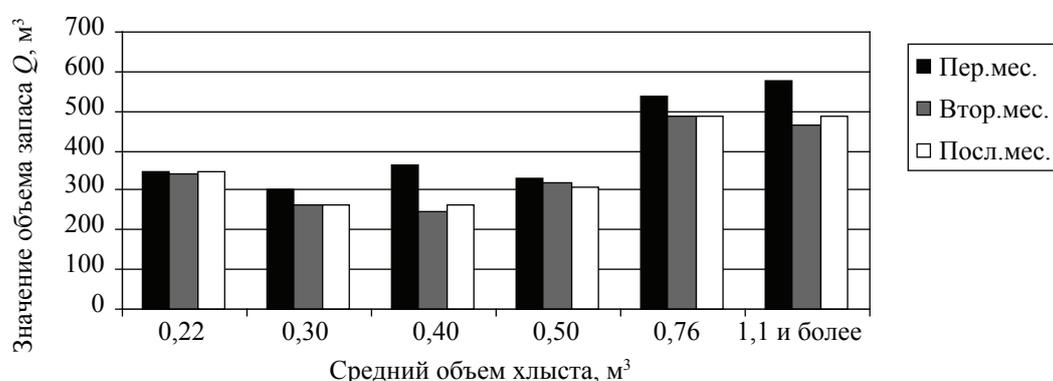


Рис. 4. Изменение объемов оперативных запасов между операциями валка–обрезка сучьев–раскряжевка и трелевка

Проведенные исследования и экономические расчеты показали, что с целью выравнивания объемов выработки основного комплекта машин целесообразно иметь в качестве дополнительных машин на валке, на обрезке сучьев и раскряжке бензиномоторную пилу, на трелевке – чокерный трелевочный трактор.

На лесосечных работах, как правило, применяются различные типы машин и условия их работы разнообразны. Для расчета режимов работы комплектов машин в конкретных природно-производственных условиях нами составлена аналоговая модель и разработана программа для персональных ЭВМ.

### Библиографический список

1. Алябьев, В.И. Основы математического моделирования лесопромышленных процессов / В.И. Алябьев // Пособие аспирантам. – ЦНИИМЭ.– 1990. – 398 с.
2. Бусленко, В.Н. Автоматизация имитационного моделирования сложных систем / В.Н. Бусленко; под ред. и с послесл. Н.П. Бусленко. – М.: Наука, 1977. – 239 с.
3. Дудюк, Д.Л. Определение оптимального межоперационного запаса сырья / Д.Л. Дудюк // Лесной журнал. ИВУЗов. – 1978. – № 3. – С. 131 – 134.
4. Заикин, А.Н. Моделирование режимов работы лесосечных машин / А.Н. Заикин // Известия высших учебных заведений. – Лесной журнал. – 2009. – № 1. – С. 71–77.
5. Климушев, Н.К. Управление запасами лесоматериалов: монография / Н.К. Климушев. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. – 187 с.
6. Лебедев, Ю.А. Исследование процесса перегрузки хлыстов на нижних складах лесспромхозов / Ю.В. Лебедев // Межвуз. сб. научн. тр. Лесосечные, лесоскладские работы и сухопутный транспорт леса. – Л., 1976. – Вып. 5.
7. Никитин, В.А. Опыт работы по созданию запасов хлыстов на нижних складах лесозаготовительных предприятий Свердловска / В.А. Никитин. – М.: Лесная пром-сть, 1974. – 35 с.
8. Редькин, А.К. Математическое моделирование и оптимизация технологий лесозаготовок: учебник для вузов / А.К. Редькин, С.Б. Якимович. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. – 504 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТ

Ю.А. ШИРНИН, *проф. каф. ТОЛП МарГТУ, д-р техн. наук,*

Н.И. РОЖЕНЦОВА, *ст. преподаватель каф. информатики МарГТУ, канд. техн. наук*

*nata\_roz@mail.ru*

Лесозаготовительные предприятия осуществляют заготовку древесины на основании соответствующих правовых документов. Одним из основных является технологическая карта разработки лесосеки. В ней отражают особенности и характеристики лесосеки, схему ее разработки, технологию лесосечных работ и производственные показатели.

На схеме разработки должны быть показаны границы и размеры лесосеки, лесовозные усы, границы делянок, лесопогрузочные пункты, направление волоков и границы пазов, куртины подроста и молодняка, размещение оборудования, порядок освоения делянок, зона безопасности.

Необходимые для проектирования (составления технологической карты) характеристики лесосек берутся из лесоустроитель-

ных книг и из результатов осмотра лесосеки. В настоящее время на многих лесозаготовительных предприятиях лесоустроительная информация представлена не только в книжном, но и в электронном виде, например, карты и таблицы геоинформационных систем (ГИС). Подобные программные продукты позволяют более эффективно представить и использовать лесоустроительную информацию. Данный факт позволяет сделать вывод о том, что современную процедуру составления технологических карт возможно и необходимо совершенствовать, используя данные ГИС.

Цель настоящей работы – показать необходимость и возможность использования геоинформационных систем при проектировании лесосечных работ, в частности, в процедуре автоматизации построения технологической карты разработки лесосеки.

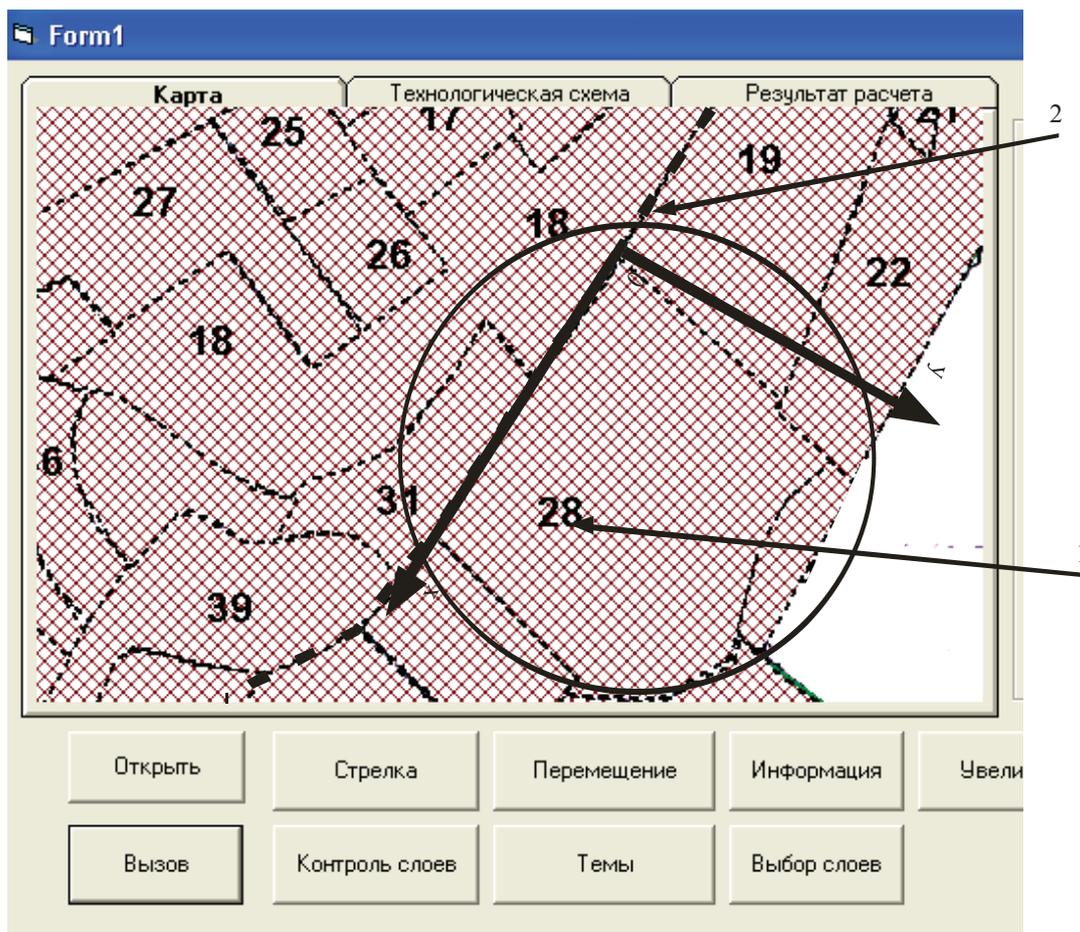


Рис. 1. Привязка лесосек к системе координат у: 1 – номер таксационного выдела; 2 – лесовозная дорога

Для этого была поставлена и решена задача написания программы, позволяющей осуществлять построение технологической карты в автоматическом режиме, используя данные ГИС.

Любой лесной участок, предназначенный для разработки, имеет характеристики, представляемые в табличной и картографической форме. Информация о форме лесосеки представляется в картографической форме, например в виде электронной карты ГИС. Это позволяет получить данные о границах лесосеки в системе координат  $xOy$  и представить границу в виде математической функции. Функциональное описание границы лесосеки дает возможность определять в автоматическом режиме параметры, необходимые для составления технологической карты.

Для построения функции представим предназначенную в рубку лесосеку в системе координат  $xOy$  (рис. 1). В данном случае лесосекой является таксационный выдел № 28, примыкающий к лесовозной дороге.

Процедура привязки к данной системе координат осуществляется автоматически по прилегающей к лесосеке лесовозной дороге (квартальной просеке, усу, ветке). Осью  $Ox$  в решении задачи привязки является существующая линия лесовозной дороги, а крайняя левая точка на ней – точкой начала координат.

В качестве функции, описывающей границу лесосеки, выбирается полином степени  $\mu$ , который записывается в виде [1]

$$y(x) = \sum_{m=0}^{\mu} c_m x^m = c_0 + c_1 x + c_2 x^2 + \dots + c_{\mu-1} x^{\mu-1} + c_{\mu} x^{\mu}, \quad (1)$$

где  $c_m$  – коэффициенты полинома;  
 $m$  – номер коэффициента;  
 $x, y$  – текущие координаты границы лесосеки.

Нахождение коэффициентов полинома осуществляется на основе метода наименьших квадратов.

В результате интегрирования (1) получается функция площади исследуемого участка (лесосеки).

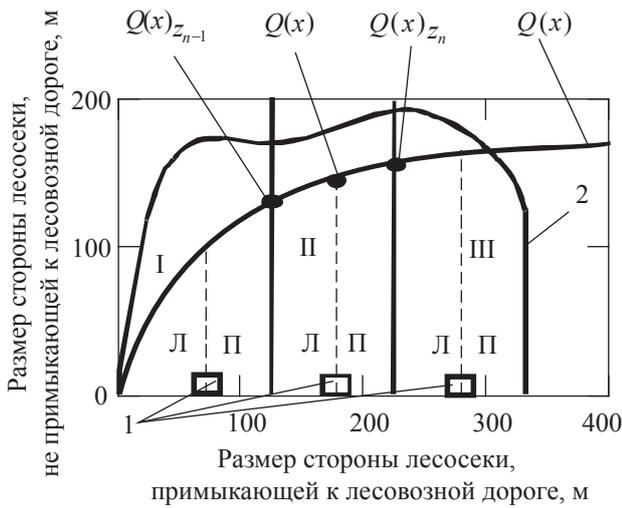


Рис. 2. Графическое представление задачи определения технологических параметров лесосек: 1 – погрузочный пункт; 2 – граница лесосеки

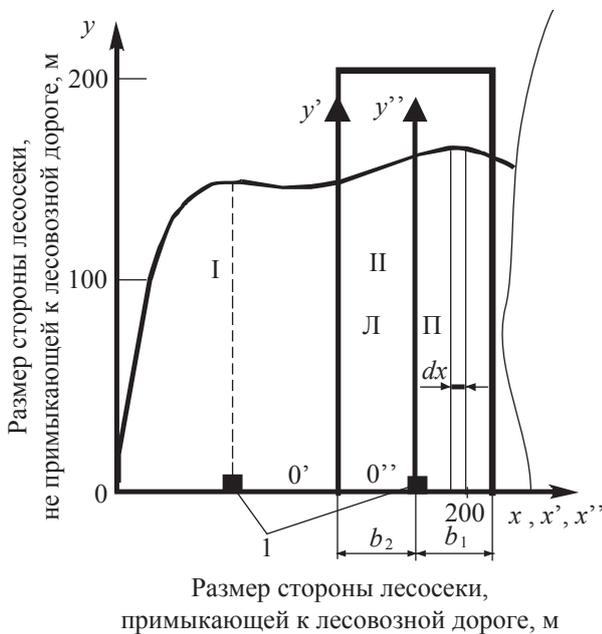


Рис. 3. Графическое представление задачи определения среднего расстояния трелевки I, II – полученные делянки; Л – часть делянки, тяготеющая к погрузочному пункту слева; П – справа

$$\int_0^x f(\chi) d\chi = \int_0^x \sum_{m=0}^{\mu} c_m \chi^m d\chi = \sum_{m=0}^{\mu} \frac{c_m \chi^{m+1}}{m+1} \Big|_0^x = \sum_{m=0}^{\mu} \frac{c_m x^{m+1}}{m+1} \quad (2)$$

При равномерном распределении древесины имеем функцию запаса на лесосеке

$$Q(x) = q_0 S(x) = \frac{q_0}{10^4} \sum_{m=0}^{\mu} \frac{c_m x^{m+1}}{m+1}, \quad (3)$$

где  $q_0$  – средний запас древесины на лесосеке,  $\text{м}^3/\text{га}$ .

По технологии лесосека разбивается на делянки. Лучшим считается то разбиение, при котором запасы на полученных делянках примерно равны. В данной процедуре используем функцию запаса (3).

Разбиение на делянки в представляемом решении осуществляется по количеству погрузочных пунктов  $Z$ , которое может быть рассчитано любым известным способом [2, 3].

Границы делянок располагаются в точках, соответствующих значениям запаса (рис. 2).

$$Q(x)_{z_n} = \frac{Q}{Z} z, \quad z = 0, 1, \dots, Z - 1, \quad (4)$$

где  $Q(x)_{z_n}$  – значение запаса в точке расположения границы делянки;

$Z$  – количество погрузочных пунктов;

$z$  – порядковый номер каждого погрузочного пункта.

Следующим этапом является определение местоположения погрузочных пунктов внутри каждой делянки (рис. 2). Значение запаса в точке расположения погрузочного пункта найдется из зависимости

$$Q(x)_{III} = \frac{Q(x)_{z_n} + Q(x)_{z_{n-1}}}{2}, \quad (5)$$

где  $Q(x)_{z_n}$  – значение запаса в точке расположения границы делянки.

Значение абсциссы этой точки определяется из формулы (3) после подстановки значения запаса  $Q(x)_{III}$ .

На рис. 2 представлена иллюстрация работы программы в части описания границы лесосеки полиномиальной функцией (1), разбиения лесосеки на делянки и определения расположения погрузочных пунктов.

Функциональное описание линии границы лесосеки, основанное на использовании данных и возможностей ГИС, позволяет определять значение среднего расстояния трелевки  $l$  на делянке (лесосеке). Данный показатель необходим для определения производительности трелевочного оборудования.

Решение данной задачи также требует представления предмета исследования в системе координат  $xOy$  (рис. 3). Таким предметом в данном случае является не вся лесосека, а ее часть, делянка. Осью  $Ox$  по-прежнему является линия лесовозной дороги, а местонахождение точки начала координат и

расположения оси  $Oy$  будет изменяться в зависимости от того, для какой части делянки (тяготеющей слева или справа) определяется значение среднего расстояния трелевки  $l$ . Для правой части делянки началом координат (расположения оси  $Oy$ ) будет точка размещения погрузочного пункта. Для тяготеющей слева части – крайняя левая точка лесовозной дороги (оси  $Ox$ ), из которой выходит линия границы делянки (рис. 3).

Для нахождения среднего расстояния трелевки на делянке используем методику [2].

Расстояние трелевки с элементарной площадки (рис. 3) определяется по формуле

$$l_s = x + \frac{y}{2} = x + \frac{\sum_{m=0}^{\mu} c_m x^m}{2}. \quad (6)$$

Площадь элементарной площадки

$$dS = y dx = \sum_{m=0}^{\mu} c_m x^m dx. \quad (7)$$

Элементарная грузовая работа

$$dR = q_0 dS l_s = q_0 \left( \sum_{m=0}^{\mu} c_m x^m \right) \left( x + \frac{\sum_{m=0}^{\mu} c_m x^m}{2} \right) dx. \quad (8)$$

Площадь рассматриваемого участка составит

$$S = \int_0^{b_1} y dx = \int_0^{b_1} \sum_{m=0}^{\mu} c_m x^m dx. \quad (9)$$

Запас на исследуемом участке найдем из выражения

$$Q = q_0 S = q_0 \int_0^{b_1} \sum_{m=0}^{\mu} c_m x^m dx. \quad (10)$$

Для части II делянки, равной  $b_1$ , тяготеющей к погрузочному пункту справа (рис. 3),  $l$  найдется из следующего выражения

$$l_{II} = \frac{\sum dR}{Q} = \frac{\sum_{m=0}^{\mu} \frac{1}{m+2} c_m b_1^{m+2} + \sum_{m=0}^{\mu} \sum_{n=0}^{\mu} \frac{1}{m+n+1} \cdot \frac{c_m c_n b_1^{m+n+1}}{2}}{\sum_{m=0}^{\mu} \frac{1}{m+1} c_m b_1^{m+1}}, \quad (11)$$

где  $b_1$  – ширина делянки, тяготеющей к погрузочному пункту справа, м.

Для части I делянки, равной  $b_2$ , тяготеющей к погрузочному пункту слева,  $l$  определится по формуле

$$l_{I} = \frac{\sum dR}{Q} = \frac{\sum_{m=0}^{\mu} \left( \frac{1}{m+1} - \frac{1}{m+2} \right) c_m b_2^{m+2} + \sum_{m=0}^{\mu} \sum_{n=0}^{\mu} \frac{1}{m+n+1} \cdot \frac{c_m c_n b_2^{m+n+1}}{2}}{\sum_{m=0}^{\mu} \frac{1}{m+1} c_m b_2^{m+1}}, \quad (12)$$

Результатом работы программы является технологическая карта разработки лесосеки (рис. 4). В данном случае речь идет о ее разработке системой машин: бензопила (на валке, обрезке сучьев и раскряжевке) и форвардер (на трелевке сортиментов). Разработанная программа предусматривает проектирование технологической карты при использовании 6 систем лесосечных машин. Комплекты лесосечных машин могут добавляться.

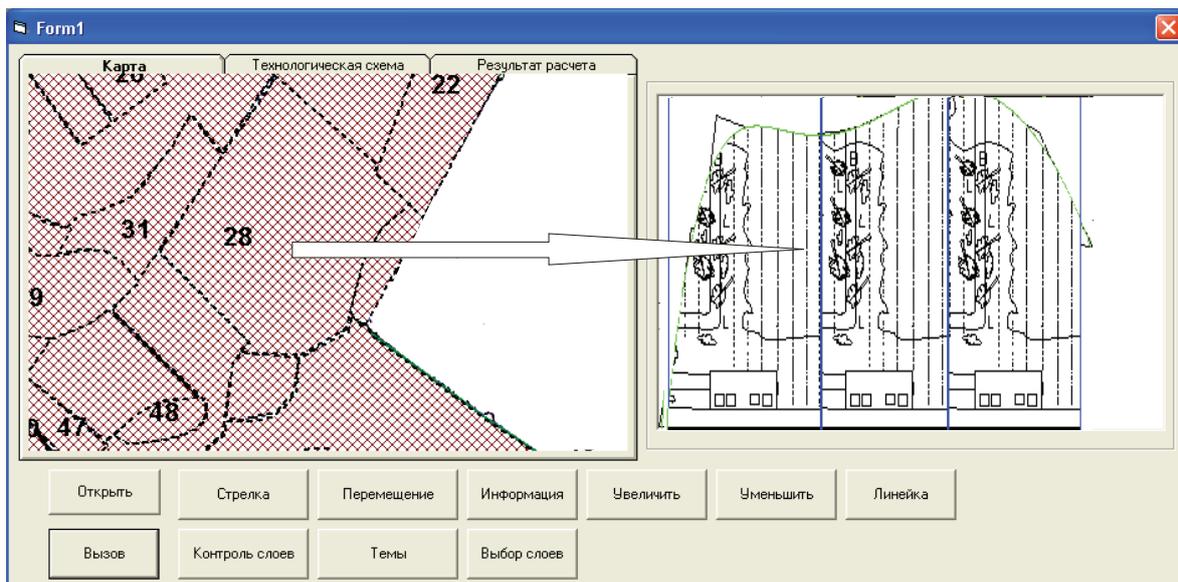


Рис. 4. Технологическая карта разработки лесосеки, построенная в автоматическом режиме

Использование данных ГИС при проектировании технологических карт позволит усовершенствовать работу специалистов, осуществляющих эту процедуру. Достоинством автоматизации является возможность расширения пользовательских функций ГИС, а также снижение временных затрат на создание проекта технологической карты разработки лесосеки.

### Библиографический список

1. Анго, А. Математика для электро- и радиоинженеров / А. Анго. – М.: Наука, 1965. – 780 с.
2. Ширнин, Ю.А. Технология и оборудование малообъемных лесозаготовок и лесовосстановление: учебн. пособие / Ю.А. Ширнин, Ф.В. Пошарников. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – 398 с.
3. Ширнин, Ю.А. Процессы комплексного освоения участков лесного фонда при малообъемных лесозаготовках/ Ю.А. Ширнин, К.П. Рукомойников, Е.М. Онучин; под ред. Ю.А. Ширнина. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. – 196 с.
4. Ширнин, Ю.А. Технологические параметры лесосек с границами, полученными на основе ГИС / Ю.А. Ширнин, Н.И. Роженцова // Вестник Марийского государственного технического университета: Лес, экология, природопользование. – 2008 – № 1(2). – С. 40–48.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН В ОБСЛУЖИВАНИИ

В.А. МАКУЕВ, доц. каф колесных и гусеничных машин МГУЛ, канд. техн. наук

*makuev@mgul.ac.ru*

Как показали исследования, в настоящее время владельцы лесосечных машин техническое обслуживание и ремонт проводят в основном собственными силами. Ремонт машин на их базе, как правило, сводится к замене запасных частей. Их доля в структуре общих годовых затрат на поддержание работоспособности основных базовых тракторов для лесосечных работ ТТ-4М и ТДТ-55А составляет около 20 %. Обеспеченность запасными частями значительно влияет на готовность и простои лесосечных машин.

Одной из важнейших причин низкой готовности и высокого показателя простоев парка машин является отсутствие на предприятиях запасных частей и финансовых средств на их приобретение. Нами проанализированы причины простоев лесосечных машин в некоторых лесных регионах. Свыше 60 % техники простаивает из-за отсутствия у лесозаготовителей запасных частей. Анализ структуры себестоимости ремонтных работ показал, в общих затратах на запасные части приходится от 61 до 86,6 %.

Т а б л и ц а 1

### Группировка по готовности парка тракторов ТТ-4М, ТДТ-55А

Показатель	Значение		
Готовность парка тракторов, %	76,3	83,1	88,7
Затраты на ремонтно-обслуживающие работы и запасные части, в расчете на один трактор, тыс. руб. в т.ч. на запасные части, тыс. руб.	33,0	39,0	44,8
	24,0	32,5	37,4

Т а б л и ц а 2

### Простои на один трактор

Показатель	Значение		
	До 150	150-225	225-300
Простои на 1 трактор, ч			
Затраты на ремонтно-обслуживающие работы и запасные части, в расчете на один трактор, тыс. руб. в т.ч. на запасные части, тыс. руб.	48,7	34,0	27,4
	37,0	28,9	21,4

**Простои машин на базе трактора ТТ-4М во время лесосечных работ**

Показатель	Предприятия без резервного фонда запасных частей	Предприятия с резервным фондом запасных частей
Затраты на ремонтно-обслуживающие работы, тыс. руб на 1 машину,	39,0	48,9
включая затраты на запасные части, тыс. руб	20,7	37,8
Простои машин во время лесосечных работ, ч	81,2	45,6

Нами проведены исследования влияния обеспеченности запасными частями на готовность парка тракторов для лесосечных работ. Группировка их по технической готовности представлена в табл. 1, из которой можно сделать следующие выводы: в группе тракторов с наибольшей готовностью затраты, направляемые на технический сервис, в том числе на закупку запасных частей, самые высокие.

Группировка тракторов по простоям представлена в табл. 2. По данным табл. 2 можно сделать следующие выводы: в группе тракторов с простоями свыше 300 часов затраты, направляемые на технический сервис, в том числе на закупку запасных частей, самые низкие.

На основании обработки и анализа информации нами получены зависимости влияния затрат владельцев лесосечных машин, направляемых на запасные части, в расчете на одну машину, которые влияют на их простои.

Как правило, лесозаготовительные предприятия приобретают необходимые запасные части к лесосечным машинам в различных магазинах запасных частей, ремонтно-технических предприятиях. Зачастую в период лесосечных работ в этих магазинах не оказывается нужных запасных частей, особенно остродефицитных (по данным опроса специалистов такие детали составляют около 30 % всего объема запчастей, которые расходуются в этот период), поэтому так велики простои машин во время лесосечных работ по техническим причинам. Нами обосновано создание резервного фонда запасных частей и агрегатов. В этом случае объем затрат на запасные части возрастет, но за счет оперативности устранения последствий отказов снизятся простои машин во время работ в лесу.



Рис. 1. Структура затрат на техническое обслуживание тракторов ТТ-4М при минимуме простоев



Рис. 2. Структура затрат на текущий ремонт тракторов ТТ-4М при минимуме простоев



Рис. 3. Структура затрат на капитальный ремонт тракторов ТТ-4М при минимуме простоев

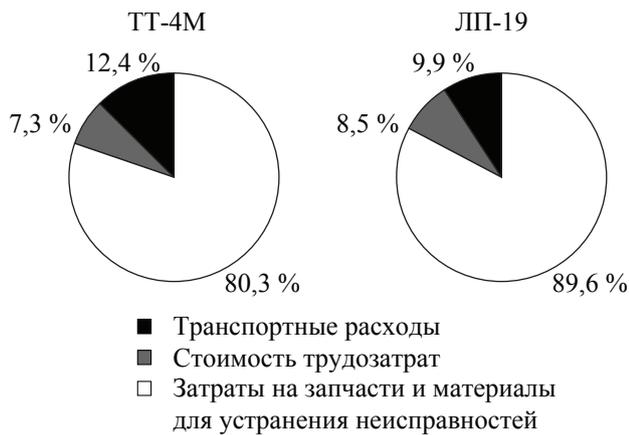


Рис. 4. Структура затрат на услуги по устранению неисправностей машин во время лесосечных работ при минимуме простоев

В настоящее время такой подход используется при техническом сервисе машин зарубежными дилерами.

По данным наших исследований, количество таких отказов лесосечных машин в расчете на одну машину составляет от 3,0 до 4,0. Нами в качестве эксперимента подобный подход использовался для некоторых лесозаготовительных предприятий Вологодской, Владимирской областей и Республики Мордовия. Результаты эксперимента даны в табл. 3.

Таким образом, наличие резервного фонда запасных частей снижает простои лесосечных машин по причине их неисправностей.

Структура затрат сервисных предприятий на техническое обслуживание и ремонт

лесосечных машин при минимуме простоев представлена на рис. 1 и 2.

По данным рис. 1 видно, что в структуре затрат на техническое обслуживание тракторов 27,3 % составляет стоимость запасных частей; в структуре затрат на текущий ремонт тракторов их доля 33,1 % (рис. 2).

Структура затрат на капитальный ремонт тракторов и устранение неисправностей машин во время лесосечных работ представлена на рис. 3 и 4.

По данным рис. 3 видно, что в структуре затрат на капитальный ремонт тракторов 49,0 % составляет стоимость запасных частей.

В структуре затрат на услуги по устранению неисправностей машин во время лесосечных работ свыше 80 % составляют затраты на запасные части и материалы (рис. 4).

Таким образом, установлена связь между готовностью и простоями парка лесосечных машин и объемом используемых запасных частей. Так, увеличение объемов закупок запчастей (создание резервного фонда) для тракторов ТТ-4М с 20,7 до 37,8 тыс. руб. приводит к сокращению простоев тракторов за счет повышения оперативности устранения последствий отказов в 1,8 раз. Для снижения простоев тракторов ТТ-4М определен норматив резервного запаса деталей для устранения последствий отказов во время лесосечных работ. Для трактора ТТ-4М стоимость запаса деталей должна составлять 0,2 % цены трактора.

## КРИТЕРИИ ФОРМИРОВАНИЯ ПАРКА ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН

В.А. МАКУЕВ, доц. каф колесных и гусеничных машин МГУЛ, канд. техн. наук

*makuev@mgul.ac.ru*

Значительно возросший за последние годы во всем мире парк лесозаготовительных машин делает выбор технологических машин для лесосечных работ одной из главных проблем лесозаготовителей, наравне с выбором машин для транспортировки древесины с лесосеки. При различии технологий лесозаготовок (хлыстовая или сортиментная) конструкция основных технологических машин остается неизменной уже 30–40 лет. Это объясняется тем, что в России, США и Канаде в

отличие от скандинавских стран, где две трети объема лесозаготовок обеспечиваются за счет сортиментной технологии, до сих пор распространены хлыстовые методы заготовки древесины [1, 2]. И условия эксплуатации в России, США и Канаде близки: сплошная рубка, температурный режим от +45 до –45 °С, снежный покров до 1,5 м, заболоченные участки, большие уклоны. Поэтому изменения касаются в основном дизайна машин, мощности двигателя и массы, гидравличес-

ких систем, органов управления, оснащению электронными приборами с использованием бортовых компьютеров исходя из предпола-

гаемых условий эксплуатации и некоторых других узлов. При этом массо-мощностные параметры изменяются наиболее заметно.

Т а б л и ц а 1

**Лесозаготовительная техника заводов России и Белоруссии**

Параметр	Легкий класс (масса 5... 10т)	Средний класс (масса 10...15 т)	Тяжелый класс (масса св. 15 т)
Харвестерного типа (валочно-пакетирующие; валочно-трелевочные; сучкорезные)			
Число моделей	2	2	12
Мощность двигателя, кВт	73,5...96	109	88...165
Масса, т	8...10	12,5...15,0	16,5...25,4
Диаметр среза дерева, см	37...45	45...67	56...100
Скидеры			
Число моделей	1	16	6
Мощность двигателя, кВт	60	88...132	96...243
Масса, т	4,98	11,2...14,95	16,3...21,0
Объем пачки деревьев, м <sup>3</sup>	4	7...14	8...14
Всего моделей	3	18	18
Всего моделей – 39			

Т а б л и ц а 2

**Лесозаготовительная техника (зарубежная) для хлыстовой технологии**

Параметр	Легкий класс (масса 5... 10т)	Средний класс (масса 10... 15т)	Тяжелый класс (масса св. 15 т)
Харвестерного типа (валочно-пакетирующие; валочно-трелевочные; сучкорезные)			
Число моделей	6	19	72
Мощность двигателя, кВт	73,5... 104,0	74,0... 164,0	96,0...243,0
Масса, т	8,5...9,1	10,8...15,0	15,1...39,9
Диаметр среза дерева, см	37,0...46,0	45,0...68,0	46,0...110,0
Скидеры			
Число моделей	3	26	19
Мощность двигателя, кВт	52,0...93,0	87,0...176,0	89,5...222,0
Масса, т	4,6...7,3	10,3...13,65	15,6...27,3
Объем пачки деревьев, м <sup>3</sup>	4,0...6,0	4,5...7,0	4,5...18,5
Всего моделей	9	45	91
Всего моделей – 145; колесное шасси – 102; гусеничное шасси – 43			

Т а б л и ц а 3

**Лесозаготовительная техника (зарубежная) для сортиментной технологии**

Параметр	Легкий класс (масса 5... 10т)	Средний класс (масса 10...15 т)	Тяжелый класс (масса св. 15 т)
Харвестерного типа (валочно-пакетирующие; валочно-трелевочные; сучкорезные)			
Число моделей	6	19	72
Мощность двигателя, кВт	73,5...104,0	74,0... 164,0	96,0...243,0
Масса, т	8,5...9,1	10,8...15,0	15,1...39,9
Диаметр среза дерева, см	37,0...46,0	45,0...68,0	46,0... 110,0
Форвардеры			
Число моделей	3	34	29
Мощность двигателя	77,0	86,0...176,0	126,5...222,0
Масса, т	9,5	10,5...15,0	15,1...24,8
Грузоподъемность, т	7,5	9,0...14,0	12,0...20,5
Всего моделей	9	53	101
Всего моделей – 164; колесное шасси – 114; гусеничное шасси – 50			

Сегодня российские и зарубежные машиностроители, в том числе белорусские, предлагают широкую номенклатуру лесозаготовительных машин. В соответствии с классификацией лесозаготовительной техники, принятой в России и Белоруссии, в таблицах 1–3 представлена номенклатура типоразмерных рядов лесозаготовительной техники по видам, мощности и массе [1, 2].

Как видно из таблиц 1, 2 и 3, из 350 моделей на рынке России в тяжелом классе предлагается 31,2 %, при этом на долю России и Белоруссии приходится только 9,4 %, а в легком классе российские предприятия не предлагают ни одной модели.

Возможности лесозаготовительных предприятий сильно различаются по объемам заготовки и экономическим возможностям для применения различной лесозаготовительной техники. Поэтому и возникает проблема, как выбрать технику для эффективного ее использования в лесонасаждениях разной крупности с учетом удельных затрат при заготовке древесины.

Анализ методов выбора машин для проведения лесосечных работ позволил разделить их на три группы:

1. Нормативные методы, в которых потребность в технике определяет нормативная загрузка машин и оборудования. Эти методы отнесены к числу приближенных. Применение методов приемлемо при расчете потребности в технике и определении перспективной структуры парка машин для региона и страны в целом, а также при текущем оперативном планировании базы лесозаготовительного производства.

2. Графические методы, в которых потребность в технике и структура систем машин определяются из графиков, номограмм. Им присущи простота использования, наглядность и быстрота получения информации. Методы хотя и приближают парк машин к оптимальной структуре, однако не дают экономически оптимального решения. Применение графических методов приемлемо в оперативном управлении лесосечными работами, когда возникает задача определения оптимальной структуры системы лесосечных

машин (типов и численности машин на каждой операции) в природно-производственных условиях конкретной разрабатываемой лесосеки.

3. Точные расчетные методы, появление которых связано с проведением многовариантного расчета, анализом вариантов и выбором оптимального решения. Большая размерность задачи выбора оптимальной структуры и состава парка лесосечных машин для предприятия обуславливает необходимость применения современных ЭВМ.

Анализ методик показал, что они в основном позволяют решить лишь ряд частных задач проектирования технологических процессов лесосечных работ в зависимости от вида заготавливаемой древесины и выбирают технику с обоснованием ее технических параметров и эксплуатационных показателей, типа технологического оборудования.

Чтобы правильно подобрать лесосечную машину только по массо-мощностным параметрам, необходимо учитывать следующие критерии:

- параметры дерева (диаметр и средний объем);
- рельеф местности (крутизну склонов);
- почвенно-грунтовые условия для лесозаготовительных работ, которые по эксплуатационным показателям делятся на ряд категорий;
- производительность лесозаготовительной техники должна оправдывать затраты на ее приобретение и обслуживание;
- экологические требования – воздействие техники на лес должно быть минимальным.

В МГУЛеса разработана методика формирования парка лесосечных машин, которая учитывает указанные критерии.

#### Библиографический список

1. Макуев, В.А. Формирование парка лесосечных машин для лесозаготовительного предприятия: монография / В.А. Макуев. – М.: МГУЛ, 2004. – 184 с.
2. Стрельцов, Э. Как выбрать лесозаготовительную технику / Э. Стрельцов // Основные средства. – 2004. – № 7. – С. 12–16.

## ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ЛЕСОВОЗНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Б.А. БОНДАРЕВ, *Курский ГТУ, д-р техн. наук,*  
С.В. ПОВЕТКИН, *Курский ГТУ, канд. техн. наук,*  
И.В. БАБКИН, *Курский ГТУ*

*carese@yandex.ru*

Лесовозный железнодорожный транспорт представляет собой важную фазу производственного процесса лесозаготовок. На его долю приходится более 15 % объема вывозимой древесины, его трудоемкость в цикле производственных операций лесозаготовок составляет 7,5 %, а доля в себестоимости лесопроизводства – 25 % и более в зависимости от расстояния вывозки древесины.

Эффективность его работы в значительной степени определяется транспортно-эксплуатационным уровнем, приспособленностью к перевозкам лесных грузов, условиями эксплуатации, безопасностью движения, зависящей от состояния пути, т.е. в конечном счете от физико-механических свойств материала шпал, которые со времени строительства первых железных дорог вошли в конструкцию верхнего строения пути в качестве незаменимого элемента, изготавливаемого в основном из древесины. Однако в последнее время находят применение шпалы из различных композиционных материалов, в частности из древесно-стекловолоконных композиционных материалов (ДСВКМ). Клееная древесина широко используется для изготовления пролетных строений мостов на лесовозных дорогах, работающих под действием циклических нагрузок, трещиностойкость которых недостаточно изучена.

Разрушение твердых тел происходит в результате развития содержащихся в них реальных дефектов. При оценке прочности, трещиностойкости и выносливости необходим учет имеющихся в элементах конструкций микротрещин, концентраторов напряжений и дефектов строения. В начальный момент нагружения в конструктивном элементе уже задано некоторое конечное возмущение в виде начальных микротрещин и несовершенства структуры материала конструкции.

Напряжения, при которых микротрещины начинают скачкообразно увеличиваться и превращаются в макротрещины, больше чем напряжения, необходимые для роста макротрещин. Величина напряжений, необходимых для распространения макротрещин, уменьшается по мере их роста.

В реальных условиях процессы образования и развития макротрещин зависят от материала конструкции, характера приложения внешней нагрузки, скорости деформирования.

При действии циклических нагрузок процесс усталости материалов можно разделить на три этапа: появление местных пластических деформаций, зарождение микротрещин, их развитие и перерастание в макроразрушения [1]. В области малоциклового усталости пластические деформации развиваются спонтанно после нескольких циклов нагружения. Область ограниченной выносливости характеризуется активными изменениями в структуре материала конструкции, когда микротрещины начинают интенсивно развиваться. Рост микротрещин приводит к разрушению конструкции. При нагружении ниже предела выносливости в материале конструкции образуются изменения, не приводящие к макроскопическому разрушению.

На выносливость конструкций также оказывают влияние различные факторы: уровень нагружения; коэффициент асимметрии цикла нагружения; частота приложения нагрузки; концентрация напряжений; температурно-влажностные условия испытаний. В зависимости от свойств материала конструкции те или иные факторы влияют по-разному. Существуют основные закономерности изменения выносливости конструкций при варьировании одного из таких факторов. Независимо от вида материала выносливость конструкции будет повышаться при: умень-

шении уровня нагружения, числа повторных нагружений, концентрации напряжений, температуры и влажности окружающей среды; увеличении коэффициента асимметрии и частоты нагружения.

Экспериментальные исследования изгибаемых деревянных клееных элементов цельного сечения с горизонтальным расположением слоев на действие статической и циклической нагрузок проведены при разных значениях характеристик циклов и продолжительности испытаний [2]. Опытные элементы размерами 120×120×2000 мм. Испытания проводили на пульсаторе с инерционным силовозбудителем эксцентрикового типа и регулируемой частотой нагружения по двухточечной схеме нагружения с приложением сосредоточенных нагрузок в 3/8 пролета от опор. Спротивляемость и трещиностойкость опытных элементов оценивалась по результатам испытаний на кратковременную и длительную статическую нагрузку и на длительную циклическую нагрузку. В процессе испытаний на выносливость нагрузка изменялась по закону, близкому к синусоидальному. Длительная циклическая нагрузка соответствовала асимметрии циклов нагружения ( $p = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}$ ) от 0,3 до 0,8 и уровням нагружения от 0,5 до 0,9 прочности опытных элементов при кратковременных статических испытаниях. Предел выносливости определяли по наиболее загруженной конструкции, в которой деформирование затухало и практически полностью прекращалось в процессе эксперимента. По результатам усталостных испытаний были построены кривые выносливости в полулогарифмических координатах [2]. Кривая выносливости, построенная в полулогарифмических координатах, позволяет легко определить временный предел выносливости для определенного количества циклов нагружений. Корреляционные уравнения для кривых выносливости в области ограниченной усталости получены в результате статистической обработки экспериментальных данных.

При действии на деревянные клееные конструкции переменной нагрузки в ней одновременно развиваются два процесса – разрушения и релаксации напряжений. От соот-

ношения скоростей этих процессов зависит долговечность конструкции. Если скорость изменения напряжений выше скорости их релаксации, то в материале конструкции происходит накопление перенапряжений и в конечном итоге разрушение. Чем выше уровень действующих напряжений и меньше коэффициент асимметрии, тем больше скорость изменения напряжений и меньше возможность протекания релаксационных процессов. Это отражается на количестве циклов до разрушения.

При высоких уровнях нагружения наступало разрушение элемента в результате разрыва трех-четырех слоев в растянутой зоне изгибаемого образца. Чем выше был уровень нагружения, тем меньшее количество циклов выдерживал элемент до потери несущей способности. За критерий разрушения опытных образцов при испытаниях на выносливость было принято интенсивное появление и развитие макроповреждений с выходом из работы одного и более растянутых слоев, что сопровождалось резким приростом деформаций и изменением режима испытаний за счет уменьшения жесткости элемента. При средних уровнях нагружения разрушение происходило при числе циклов  $10^4 \dots 10^6$ . Процесс деформирования опытных элементов не прекращался до момента их разрушения. При низких уровнях нагружения, не превышающих предела выносливости, процесс деформирования образцов со временем полностью затухал и дальнейшее нагружение не приводило к разрушению.

В результате экспериментального исследования циклической долговечности изгибаемых деревянных клееных элементов, изготовленных из пиломатериалов разного сорта, получены зависимости между основными величинами, характеризующими процессы силового трещинообразования, и геометрическими размерами трещин, направлением и скоростью их роста в условиях длительного циклического нагружения [2].

Анализ характера разрушения клееных деревянных элементов при изгибе позволил определить основные закономерности трещинообразования и изменения напряженно-деформированного состояния при дли-

тельном нагружении [3]. В результате анализа характера разрушения клееных деревянных элементов при изгибе установлено:

- образование макротрещин в изгибаемых деревянных клееных элементах происходило в местах расположения сортообразующих пороков строения древесины и технологических дефектов, расположенных в наиболее нагруженных слоях;

- снижение сорта пиломатериалов приводит к уменьшению трещиностойкости и сопротивляемости наиболее напряженных слоев изгибаемых деревянных клееных конструкций;

- на процесс развития трещин наибольшее влияние оказывали природные пороки строения пиломатериалов (сучки, косослой), технологические дефекты (зубчатые соединения, непрочкей), слоистость конструкции, возможность рекомбинации усилий от скорости нагружения;

- с понижением сорта пиломатериалов в слоях клееных элементов увеличивается относительная выносливость и виброползучесть конструкций.

В процессе роста некоторые макротрещины прекращали развитие. На определенном этапе процесс роста трещин локализовался: преимущественно росло несколько трещин, опередивших в развитии остальные в силу сосредоточения на данном участке концентраторов напряжений и дефектов строения материала. Дальнейшее развитие главных трещин в конечном итоге приводит к разрушению конструкции в результате уменьшения ее несущей способности.

Снижение сорта пиломатериалов приводит к увеличению долговечности конструкций за счет нескольких факторов:

- увеличение возможности перераспределения усилий за счет снижения общего уровня нагружения;

- препятствия на пути развития трещин в виде клеевых швов, природных пороков строения пиломатериалов и технологических дефектов, влияющих на динамику и направление роста макротрещин;

- уменьшение концентрации напряжений в местах расположения природных пороков и технологических дефектов за счет

их размещения в средних слоях изгибаемых элементов;

- изменение интенсивности развития макротрещин в условиях разного влияния концентраторов напряжения на напряженно-деформированное состояние слоев конструкции.

Образование трещин в изгибаемых деревянных клееных элементах при наличии в них сортообразующих пороков строения древесины и технологических дефектов в подавляющем большинстве случаев происходило по присучковому косослою в месте наибольшего искривления волокон древесины; по границе «сучок»–«присучковая зона»; по телу сучка, если в нем образовалась усадочная трещина при высушивании пиломатериалов и ее направление перпендикулярно направлению действия усилий от внешней нагрузки.

Разрыв волокон в месте наибольшего их искривления объясняется сравнительно малой прочностью древесины растяжению поперек волокон. Наибольшее искривление волокон находится в середине присучковой зоны или смещено к границе «сучок»–«присучковый косослой».

Разрушение по границе «сучок»–«присучковая зона» происходит при выпадающих или частично сросшихся сучках, когда нет надежной связи между телом сучка и древесиной. В этом случае сучок можно рассматривать как отверстие, на границе которого при отсутствии присучковой зоны или малых ее размерах возникают напряжения, в несколько раз превышающие общий уровень нагружения за счет концентрации внутренних усилий.

Третий вид разрушения наблюдался при наличии относительно крупных, здоровых, сросшихся сучков с усадочными трещинами достаточно больших размеров, особенно при выходе таких сучков на кромку крайнего растянутого слоя изгибаемого элемента.

Вышеизложенные виды разрушения изгибаемых элементов из сортовой клееной древесины не охватывают все возможные варианты характера разрушения, т.к. учесть все многообразие сучков и их присучковых зон практически невозможно. Однако их можно охарактеризовать как наиболее часто встре-

чающиеся при разрушении клееных деревянных элементов при изгибе.

Наибольшее снижение трещиностойкости и сопротивляемости клееных деревянных элементов при изгибе происходит, когда:

- присучковая зона имеет относительно большие размеры (превышающие размеры сучка) и искривление волокон в ней составляет прямой угол с направлением максимального усилия от внешней нагрузки;

- присучковая зона отсутствует около выпадающего или частично сросшегося сучка.

В первом случае прочность элемента будет определяться сопротивлением древесины присучковой зоны растяжению поперек волокон.

При втором сочетании несущая способность элемента будет определяться сопротивлением древесины растяжению вдоль волокон с учетом концентрации напряжений на границе «сучок»–«древесина». Это сочетание можно представить с достаточной долей приближения в качестве модели для теоретического расчета как отверстие в анизотропной среде.

В обоих случаях после образования макротрещины характер ее развития будет зависеть от прочности слоев клееного элемента, жесткости клеевой прослойки и качества склеивания, наличия различных дефектов строения клееной древесины в объеме опытного образца.

Для учета влияния присучкового косослоя на характер распределения напряжений при растяжении вдоль волокон весь образец с сучком условно разделяли на три зоны механических свойств: сучковую, присучковую и периферийную.

В результате теоретического расчета методом конечных элементов (МКЭ) были определены коэффициенты концентрации напряжений в месте расположения сучков, соответствующие отношению величины максимальных напряжений в месте их концентрации к уровню общего нагружения элемента и равные 2,0...2,2.

Присучковая зона сглаживает концентрацию напряжений и одновременно снижает прочность древесины при растяжении вдоль волокон. При учете присучкового наклона во-

локон максимальные напряжения смещаются от отверстия или включения, которые имитируют сучок, и наибольшая концентрация напряжений будет не на границе «сучок»–«присучковая зона», а на границе «присучковая зона»–«периферийная зона с прямоволокнистой древесиной».

В реальной работе слоев деревянных клееных элементов при изгибе, где пороки нормируются относительно величины ширины соответствующей грани пиломатериала по сортам, необходимо учитывать влияние конечных размеров ширины пластины при расчете коэффициентов концентрации напряжений.

Поскольку в вычислительном комплексе библиотека конечных элементов не содержит ортотропный плоский треугольный элемент, была разработана методика определения коэффициентов жесткости треугольного элемента и для него выработан дополнительный модуль программы, учитывающий ортотропность.

Крайние растянутые волокна древесины изгибаемого элемента рассматривали как упругую ортотропную пластину прямоугольной формы, к двум противоположным граням которой приложены растягивающие усилия. Рассматриваемую область разбивали на ограниченное число конечных элементов треугольной формы, каждую вершину которых принимали за силовую точку. Для решения использовали вариационный принцип возможных перемещений.

В результате расчета были получены коэффициенты концентрации напряжений, установлены основные закономерности трещинообразования и изменения напряженно-деформированного состояния в месте расположения ребровых и пластевых сучков. Установлено, что концентрация напряжений в месте расположения сучков, выходящих на ребро слоя, в 3,0...3,2 раза больше, чем в месте расположения пластевых сучков того же размера.

В целом концентрация напряжений у ребровых сучков значительно выше, чем у пластевых, что не находит подтверждения в существующих нормативных документах. Необходима градация по сортам на пластевые

вые и ребровые сучки как наиболее часто встречающиеся природные пороки строения древесины.

#### Библиографический список

1. Бондарев, Б.А. Шпалы из древесно-стекловолоконистых композиционных материалов для лесовозных железных дорог широкой и узкой колеи: автореф дисс. ... д-ра техн. наук / Б.А. Бондарев. – Воронеж.
2. Поветкин, С.В. Выносливость деревянных клееных элементов при изгибе: автореф. дис. ... канд. техн. наук: защищена 22.04.1988 /С.В. Поветкин – Воронеж, 1988. – 156 с.
3. Поветкин, С.В. Влияние анизотропии на распределение напряжений в изгибаемых элементах / С.В. Поветкин, А.Е. Колесников // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: материалы Международных академических чтений 27–29 сентября 2007 г. – Курск, 2007. – С. 127–130.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДЕФЕКТОВ НА ПРОЧНОСТЬ ЗАЩИТНОГО КАРКАСА КАБИНЫ КОЛЕСНОГО ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА

А.В. ПИТУХИН, *проф. каф. технологии металлов и ремонта ПетрГУ, д-р техн. наук,*  
И.Г. СКОБЦОВ, *доц. каф. технологии металлов и ремонта ПетрГУ, канд. техн. наук,*  
Д.А. ХВОИН, *асп. каф. технологии металлов и ремонта ПетрГУ*

*pitukhin@psu.karelia.ru; iskobtsov@mail.ru; rp2@petrzv.russvet.ru*

Многие изделия машиностроения по надежности, производительности и материалоемкости не в полной мере отвечают требованиям рынка. Эти недостатки в значительной мере обусловлены неудовлетворительным качеством технологических процессов при их изготовлении, отсутствием в проектных организациях современных методов расчета показателей надежности и оптимизации деталей и металлоконструкций. Решение проблемы увеличения надежности при сохранении или даже уменьшении материалоемкости возможно только при наиболее полном использовании свойств материалов, применении рациональной технологии, оптимальном проектировании по современным методам оценки и прогнозирования показателей надежности. До настоящего времени при создании машин в большинстве случаев применяются расчеты, основанные на коэффициентах запаса прочности, которые не позволяют использовать методы оптимального проектирования и не могут в дальнейшем войти в качестве подсистем САПР. В последнее время в области машиностроения появился ряд научных работ, отражающих стохастическую природу действующих нагрузок и конструктивных параметров и методы оптимального проектирования. Физическая сущность разрушения при этом не отражается. Реальные же металлы еще до

эксплуатации имеют исходные технологические повреждения в виде включений, несплошностей, риск от механической обработки, литейных раковин и других дефектов, которые можно рассматривать как элементы начала разрушения [1–4, 7, 8].

Интенсивно развивающиеся в последнее время методы механики разрушения позволяют учесть эти факторы, а их вероятностная природа требует привлечения статистических методов расчета [5, 6, 9].

При однократном приложении постоянно возрастающей нагрузки разрушение материалов может в зависимости от степени пластической деформации быть хрупким, квазихрупким и вязким (пластическим).

Хрупкое разрушение происходит в результате распространения магистральной трещины после макроскопически незначительной пластической деформации, сосредоточенной в приповерхностной зоне трещины.

При квазихрупком разрушении существуют пластическая зона перед фронтом трещины и пластически деформированный материал у поверхности трещины. Остальной, значительно больший по величине объем тела находится в упругом состоянии. Вязкое разрушение происходит после существенной пластической деформации, протекающей по всему или почти по всему объему тела.

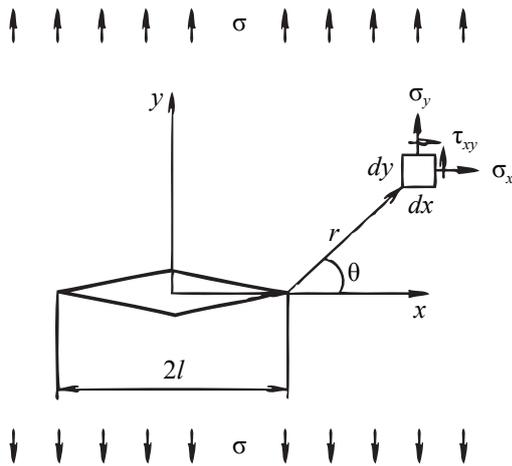


Рис. 1. К анализу напряженного состояния в зоне трещины

Иногда выделяют еще и квазивязкое разрушение, занимающее промежуточное положение между вязким и квазихрупким.

Различие в поведении пластичных и хрупких материалов под нагрузкой весьма существенно. Пластическая деформация предохраняет материал при перегрузках от разрушения. Материалы в хрупком состоянии обладают очень малой энергоемкостью и поэтому плохо сопротивляются действию динамических нагрузок. Хрупкие материалы плохо сопротивляются растягивающим нагрузкам и весьма чувствительны к конструктивным концентраторам напряжения и дефектам [1].

Изучением конструкций, в которых имеется трещина или трещиноподобный дефект, занимается механика разрушения.

Рассмотрим некоторые зависимости, хорошо известные в механике разрушения [1–4], на примере сквозной трещины длиной  $2l$  в бесконечной пластине (рис. 1).

Данная пластина находится под действием растягивающих напряжений  $\sigma$ , которые вызываются приложенными в бесконечности силами. Рассмотрим элемент  $dx dy$ , который расположен на расстоянии  $r$  от вершины трещины и составляет угол  $\theta$  с плоскостью трещины. Данный элемент пластины испытывает нормальные напряжения  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  и касательное напряжение  $\tau_{xy}$ .

При  $\theta = 0$  нормальное напряжение  $\sigma_y$  определится

$$\sigma_y = \sigma \sqrt{\frac{l}{2r}}, \quad (1)$$

или

$$\sigma_y = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}}, \quad (2)$$

где

$$K_I = \sigma \sqrt{\pi \cdot l}. \quad (3)$$

Коэффициент  $K_I$  называется коэффициентом интенсивности напряжений. Индекс  $I$  обозначает первый тип трещины – трещину разрыва, образующуюся при разрушении нормальным отрывом. По коэффициенту  $K_I$  можно определить как напряжения  $\sigma_y$  при  $\theta = 0$ , так и все другие напряжения в зоне трещины.

Из анализа напряженного состояния в зоне трещины следует, что в ее вершине (в условиях абсолютно упругого деформирования) напряжения становятся бесконечно большими. Однако в реальных материалах эти напряжения ограничены вследствие пластической деформации, возникающей при вершине трещины. Для плоского напряженного состояния напряжения  $\sigma_y$  не должны превышать предела текучести  $\sigma_T$ . Зону пластичности ориентировочно можно рассматривать в виде круга диаметром  $r_p$ , показанного на рис. 2. Подставляя  $\sigma_y = \sigma_T$  в уравнение (1), получим

$$\sigma_T = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi \cdot r_p}}$$

или

$$r_p = K_I^2 / 2\pi \cdot \sigma_T^2 = \sigma^2 \cdot l / 2\sigma_T^2. \quad (4)$$

В действительности размер зоны пластичности приблизительно вдвое превышает оценку, полученную по формуле (4). Наличие пластичности приводит к тому, что трещина ведет себя так, будто ее длина больше, чем на самом деле [8]. В результате пластических деформаций в окрестности вершины трещины перемещения в этой области больше, а жесткость меньше, чем в упругом случае. Упругие напряжения в вершине трещины при этом перераспределяются.

При увеличении толщины пластины и переходе к плоскому деформированному состоянию, когда возникают напряжения  $\sigma_z$ , зона пластичности изменяется. Размер ее уменьшается вследствие стеснения пластических деформаций. В теории [4] получена зависимость для плоского деформированного состояния

$$r_p = K_I^2 / 6\pi \cdot \sigma_T^2. \quad (5)$$

Уравнения линейной механики разрушения справедливы при выполнении условия

$l \gg r_p$ . При наличии пластической зоны, по размерам соизмеримой с длиной трещины, необходимо применять методы нелинейной механики разрушения. В данной работе мы рассматриваем только зависимости линейной механики разрушения. Каковы же критерии роста трещины и разрушения конструкции при увеличении нагрузки?

Основополагающей в данном направлении явилась работа А. Гриффитса [7], опубликованная в 1921 г. Теория Гриффитса справедлива для хрупкого разрушения. Исследования Дж. Ирвина [8] привели к силовому подходу и концепции квазихрупкого разрушения. Условием локального разрушения тела (стагивания трещины) по Дж. Ирвину является равенство коэффициента интенсивности напряжений  $K_I$  его критическому значению  $K_{IC}$

$$K_I = K_{IC} \quad (6)$$

Критический коэффициент интенсивности напряжений (иногда его называют вязкостью разрушения) является константой материала и подлежит экспериментальному определению. Методы испытаний по определению вязкости разрушения изложены в ГОСТ 25.506-85, а сами значения  $K_{IC}$  для различных материалов приведены в литературе [1-5,8]. Коэффициент интенсивности напряжений определяется по формуле, аналогичной (3)

$$K_I = Y_I(l) \sigma \sqrt{\pi \cdot l}, \quad (7)$$

где  $Y_I(l)$  – функция, зависящая от геометрической формы детали и длины трещины;

$\sigma$  – действующее номинальное напряжение, которое растягивает трещину;

$l$  – длина (полудлина) трещины.

В рамках работы был проведен расчет нагружения защитного каркаса кабины колесного трелевочного трактора ТЛК-4-01 боковой силой. Расчет действующих напряжений проведен по методу конечных элементов в пакете прикладных программ «Зенит». Величина коэффициента  $K_I$  вычислялась для следующих случаев: граничная краевая трещина,  $Y_I(l) = 1,1215$ ; сквозная трещина,  $Y_I(l) = 1,0$ ; полуэллиптическая трещина

$$Y_I(l) = 0,8 / (1 - 0,5(l / \delta)),$$

где  $\delta$  – толщина стенки.

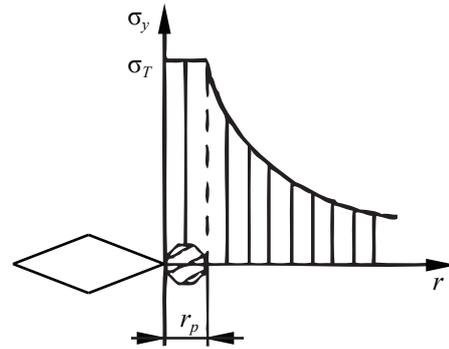


Рис. 2. Эпюра напряжений  $\sigma_y$  с учетом зоны пластичности

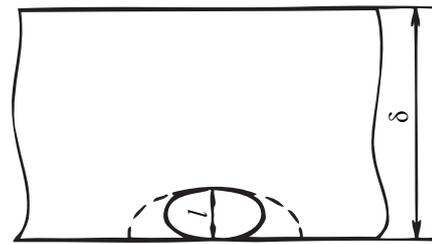


Рис. 3. Подповерхностная эллиптическая трещина

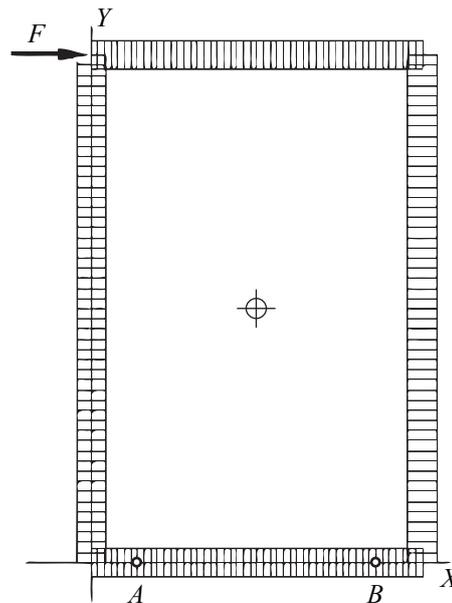


Рис. 4. Конечно-элементная модель защитного каркаса трелевочного трактора

Схема образования полуэллиптической трещины представлена на рис. 3

Конечно-элементная модель защитного каркаса с приложенной боковой нагрузкой показана на рис. 4.

График зависимости коэффициента интенсивности напряжений от длины трещины и приложенной нагрузки  $K_I(l, F)$  для случая образования полуэллиптической трещины представлен на рис. 5.

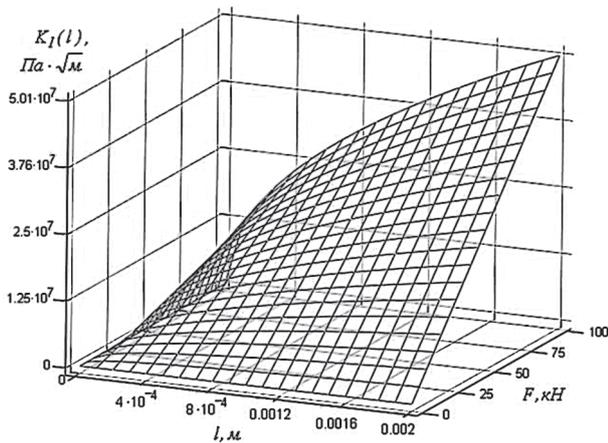


Рис. 5. Поверхность коэффициента  $K_I$  (полуэллиптическая трещина)

Критический коэффициент интенсивности напряжений для стали 50 составляет  $K_{IC} = 29 \text{ МПа} \cdot \sqrt{\text{м}}$  [5]. Величина предельной длины трещины  $l_{пр}$  и нагрузки  $F_{пр}$  согласно результатам расчета: для краевой трещины  $l_{пр} = 0,4 \text{ мм}$ ,  $F_{пр} = 46 \text{ кН}$ ; для сквозной трещины  $l_{пр} = 0,6 \text{ мм}$ ,  $F_{пр} = 51 \text{ кН}$ ; для полуэллиптической трещины  $l_{пр} = 0,8 \text{ мм}$ ,  $F_{пр} = 58 \text{ кН}$ .

В случае отсутствия дефектов предельная нагрузка составляет 100 кН. При ее приложении величина максимальных напряжений в местах закрепления каркаса (точки А и В) составляет 691 МПа, что соответствует пределу прочности стали 50. Следует отметить, что и максимальная испытательная нагрузка, определяемая ГОСТ 12.2.102-89,

составляет 100 кН. Таким образом, наличие трещиноподобных дефектов, пусть даже небольшой величины, существенно снижает разрушающую нагрузку.

### Библиографический список

1. Мороз, Л.С. Механика и физика деформаций и разрушения материалов / Л.С. Мороз. – Л.: Машиностроение, 1984. – 224 с.
2. Нотт, Дж.Ф. Основы механики разрушения: пер. с англ. / Дж.Ф. Нотт. – М.: Металлургия, 1978. – 256 с.
3. Болотин, В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций / В.В. Болотин. – М.: Машиностроение, 1984. – 312 с.
4. Брок, Д. Основы механики разрушения: пер. с англ. / Д. Брок. – М.: Высшая школа, 1980. – 368 с.
5. Питухин, А.В. Вероятностно-статистические методы механики разрушения и теории катастроф в инженерном проектировании / А.В. Питухин. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1998. – 304 с.
6. Питухин, А.В. Оценка периода зарождения усталостной трещины от рисков после механической обработки / А.В. Питухин // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2008. – № 1. – С. 111–113.
7. Griffith A.A. The phenomena of rupture and flow in solids. Phil. Trans. Roy. Soc. Of London A221 (1921). P. 163–197.
8. Irwin G.R. Fracture dynamics // Fracturing of metals. ASM. Cleveland, 1948. P. 147–166.
9. Pitukhin A.V. Fracture Mechanics ad Optimal Design // Int. Journal for Numerical Methods in Engineering. 1992. V. 34. N3. P. 933–940.

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ АВАРИЙНОГО ОТСЕЧНОГО КЛАПАНА ГИДРОСИСТЕМ ЛЕСНЫХ МАШИН

А.И. ПАВЛОВ, проф. каф. транспортно-технологических машин МарГТУ, д-р техн. наук,  
С.Л. ВДОВИН, асп. каф. транспортно-технологических машин МарГТУ

*analitic@marstu.net; vdovsl841962a@rambler.ru*

Гидравлические приводы лесозаготовительных машин, как правило, эксплуатируются в тяжелых и особо тяжелых режимах, для которых характерны быстро изменяющиеся нагрузки, зачастую превышающие допустимые значения. Даже кратковременные пики давления в гидросистеме в сочетании с монтажными напряжениями и низкой температурой окружающей среды могут привести к выходу из строя трубопроводов и рукавов высокого дав-

ления. Отказ этих элементов сопровождается выбросом больших объемов рабочей жидкости. Для предотвращения этих явлений в гидроборудовании рекомендуется использовать специальные системы защиты, содержащие автоматические отсечные клапаны [1]. Предлагаемая конструкция защитного устройства (рис. 1) предназначена для работы в условиях изменяющихся расходов и давлений с целью снижения аварийных потерь рабочей среды.

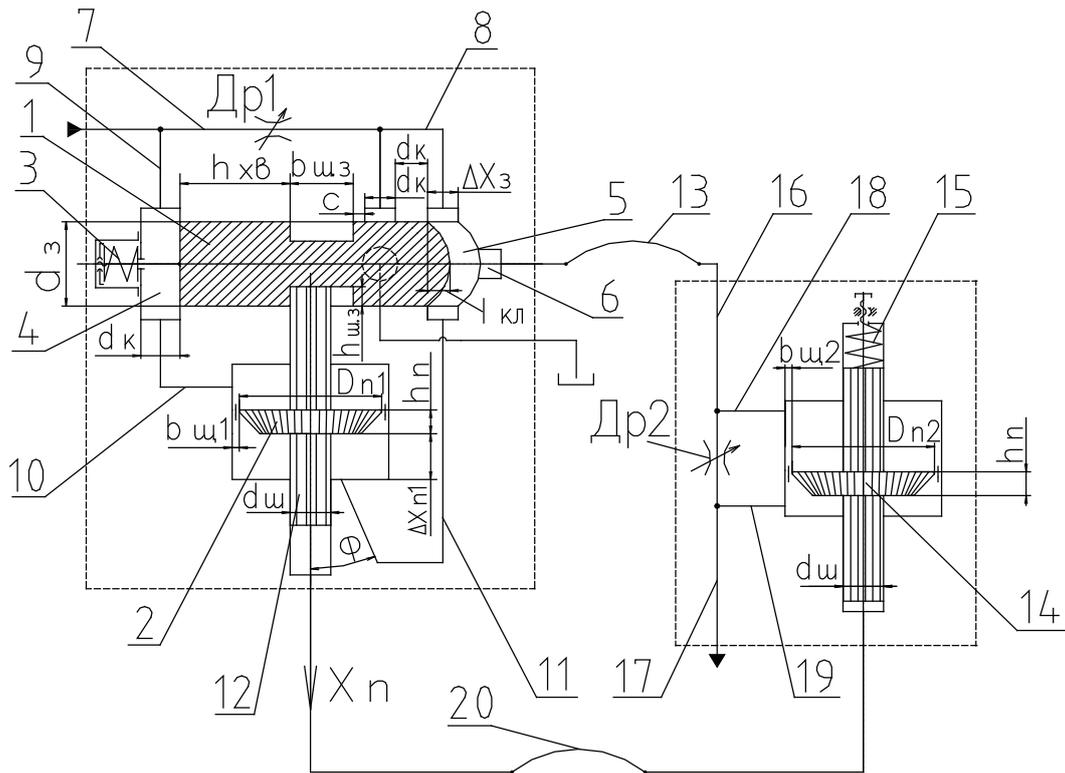


Рис.1. Конструкция и основные размеры отсечного клапана: 1 – золотник; 2, 14 – поршни; 3 – возвратная пружина золотника; 4, 5 – полости; 6 – седло; 7 – 11 и 16 – 19 – каналы; 13 – гидролиния; 15 – пружина поршня; 20 – линия обратной связи

Цель данной работы – обоснование конструктивных параметров предлагаемого устройства исходя из условия минимальных потерь рабочей жидкости.

Исходными параметрами отсечного клапана являются: номинальный расход  $Q$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ ; диаметры поршней 2 и 14  $D_{п1}$ ,  $D_{п2}$ , диаметры штоков  $d_{ш1}$ ,  $\text{м}$ ; размер кольцевых щелей  $b_{щ1}$  и  $b_{щ2}$ ,  $\text{м}$ .

К выходным показателям устройства относятся: время срабатывания  $t_c$ ,  $\text{с}$ ; объем потерь рабочей среды  $V_n$ ,  $\text{м}^3$ ; суммарные потери напора  $\Delta p_{\text{сум}}$ ,  $\text{Па}$ .

В процессе расчетов принимаются следующие допущения:

1. Режим течения жидкости в каналах 7 – 11, 16 – 19, в полостях отсечного клапана, а также в напорной гидролинии 13 является турбулентным, а в линии обратной связи 20 – ламинарным.

2. Перепад давлений, действующих на запорно-регулирующий элемент (золотник) 1, на поршни 2 и 14, остается постоянным.

3. Потери напора по длине каналов 7 – 11, 16 – 19, а также в проточной части седла

6 значительно меньше местных потерь и при расчетах не учитываются.

Время срабатывания устройства с достаточной точностью можно определить как суммарное время перемещения поршней  $t_n$  и запорно-регулирующего элемента (ЗРЭ)  $t_3$

$$t_c = t_n + t_3. \quad (1)$$

Время  $t_3$  зависит от массы золотника, величины сил трения, осевых гидродинамических сил, усилия возвратной пружины 3. Поскольку некоторые из этих факторов представляют нелинейную функцию от перемещения и скорости движения ЗРЭ, величину  $t_3$  можно приближенно определить по формуле [2]

$$t_3 = \sqrt{\frac{2m_3\Delta x_3}{1/4\Delta p_3 F_3}}, \quad (2)$$

где  $m_3$  – масса золотника,  $\text{кг}$ ;

$\Delta X_3$  – наибольшее перемещение золотника,  $\text{м}$ ;

$F_3$  – площадь торцевой поверхности золотника,  $\text{м}^2$ .

Данные параметры, а также диаметры каналов  $d_k$  и золотника  $d_з$  определяются гид-

равлическим и геометрическим расчетом по известным методикам [3, 4].

Перепад давлений  $\Delta p_3$  на запорно-регулирующем элементе 1 зависит от величины поперечного сечения дросселя Др1 [5]

$$\Delta p_3 = N_{\text{пер1}}^2 \times Q_{\text{пер1}}^2, \quad (3)$$

где

$$N_{\text{пер1}} = \sqrt{\frac{\rho_{\text{ж}}}{2} \left[ \frac{\zeta_{\text{др}}}{S_{\text{др1}}^2} + \frac{1}{S_{\text{к}}^2} (\zeta_{\text{тр.п}} + \zeta_{\text{пов}} + \zeta_{\text{тр1.сл}}) \right]}$$

– суммарное нелинейное сопротивление дросселя Др1 (рис. 1) и местных сопротивлений каналов 7, 8;

$S_{\text{к}}$  и  $S_{\text{др1}}$  – площадь сечения каналов и дросселя Др1, м<sup>2</sup>, соответственно;

$\rho_{\text{ж}}$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$\zeta_{\text{тр.п}}$ ,  $\zeta_{\text{др}}$ ,  $\zeta_{\text{пов}}$ ,  $\zeta_{\text{тр1.сл}}$  – соответственно, коэффициенты местных сопротивлений тройника для транзитного потока, дросселя, поворота потока и бокового ответвления при слиянии потоков;

$Q_{\text{пер1}}$  – расход жидкости через дроссель Др1, м<sup>3</sup>/с.

Поскольку в момент перемещения ЗРЭ канал 11 перекрыт поршнем, и поток целиком идет через каналы 7, 8 и дроссель Др1, принимаем расход  $Q_{\text{пер1}}$  равным номинальному расходу  $Q$ .

Согласно схеме на рис. 1, длина золотника 1 равна, м

$$l_3 = h_{\text{хв}} + b_{\text{ш.з.}} + c + 2d_{\text{к}} + l_{\text{кл}}, \quad (4)$$

где  $h_{\text{хв}}$  – длина хвостовика ЗРЭ;

$b_{\text{ш.з.}}$  – ширина проточки золотника, принимаемая равной  $d_{\text{к}}$ ;

$c$  – величина перекрытия золотника;

$l_{\text{кл}}$  – длина затворной части золотника, принимаемая равной  $0,5d_3$  [3].

Значение  $h_{\text{хв}}$  принимаются по рекомендациям [6], исходя из величины перекрытия золотника  $c$ .

Наибольший ход золотника  $\Delta X_3$  принимается равным  $d_{\text{к}}$ .

Масса золотника, кг

$$m_3 = (\pi \rho_3 / 4) [(l_3 - b_{\text{ш.з.}} - l_{\text{кл}}) d_3^2 + 1/3 D_{\text{кл}}^3 + b_{\text{ш.з.}} d_{\text{ш.з.}}^2], \quad (5)$$

где  $d_{\text{ш.з.}}$  – диаметр штока (шейки) золотника 1, принимаемый по рекомендациям [3];

$\rho_3$  – плотность материала золотника, кг/м<sup>3</sup>;

$D_{\text{кл}}$  – диаметр сферы затворной части, принимаемый равным  $d_3$  [3].

Для фиксации золотника в исходном положении должно соблюдаться условие

$$\Delta p_{\text{н1}} F_{\text{н1}} + m_{\text{н1}} g + \rho_{\text{ж}} f_{\text{ш}} g (h_{\text{о.с.}} + \Delta X_{\text{н}}) - \Delta p_{\text{н2}} F_{\text{н2}} - c_{\text{пр2}} x_0 - m_{\text{н2}} g \leq 0, \quad (6)$$

где  $F_{\text{н1}}$  и  $\Delta p_{\text{н1}}$  – соответственно эффективная площадь, м<sup>2</sup> и перепад давлений на поршне 2, Па;

$F_{\text{н2}}$  и  $\Delta p_{\text{н2}}$  – эффективная площадь и перепад давлений на поршне 14 (рис. 1);

$m_{\text{н1}}$  и  $m_{\text{н2}}$  – масса поршней 2 и 14, кг;

$\rho_{\text{ж}}$  – плотность рабочей жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$h_{\text{о.с.}}$  – наибольшая высота столба жидкости в линии обратной связи 20, м;

$\Delta X_{\text{н}}$  – наибольшее возможное перемещение (величина хода) поршней, м;

$f_{\text{ш}}$  – эффективная площадь штока 12, м<sup>2</sup>;

$c_{\text{пр2}}$  и  $x_0$  – жесткость, Н/м и величина первоначального сжатия пружины 15 м;

$g = 9,81$  м/с<sup>2</sup> – ускорение свободного падения.

Перепад давлений  $\Delta p_{\text{н1}}$  зависит от сопротивлений дросселя Др1, каналов 9 – 11 и определяется по зависимости

$$\Delta p_{\text{н1}} = Q_{\text{н1}}^2 N_{\text{ш1}}^2,$$

где  $Q_{\text{н1}}$  – расход жидкости через щель поршня 2, м<sup>3</sup>/с;

$N_{\text{ш1}}$  – нелинейное сопротивление щели [5], [7],  $N_{\text{ш1}}^2 = \rho_{\text{ж}} / 2 \mu_{\text{щ}}^2 S_{\text{ш1}}^2$ ;

$\mu_{\text{щ}}$  – коэффициент расхода щели поршня;

$S_{\text{ш1}}$  – площадь сечения щели поршня 2, м<sup>2</sup>.

Расход  $Q_{\text{н1}}$  равен [7]

$$Q_{\text{н1}} = Q N_{\text{пер1}} / (N_{\text{пер1}} + N_{\text{н1}}), \quad (7)$$

где  $N_{\text{н1}}$  – суммарное нелинейное сопротивление каналов 9 – 11 и щели поршня 2, определяемое по формуле [7]

$$N_{\text{н1}} = \sqrt{3N_{\text{пов.90}^\circ}^2 + N_{\text{пов.}\phi}^2 + N_{\text{пов.(90^\circ-\phi)}^2 + N_{\text{огр}}^2 + N_{\text{расш}}^2 + N_{\text{сж}}^2 + N_{\text{тр.б}}^2 + N_{\text{тр.сл}}^2}, \quad (8)$$

где  $N_{\text{пов.90}^\circ}$ ,  $N_{\text{пов.}\phi}$ ,  $N_{\text{пов.(90^\circ-\phi)}$ ,  $N_{\text{огр}}$ ,  $N_{\text{расш}}$ ,  $N_{\text{сж}}$ ,  $N_{\text{тр.б}}$ ,  $N_{\text{тр.сл}}$  – соответственно сопротивление при повороте потока на 90°, на угол  $\phi$  и (90°- $\phi$ ) (рис. 1); сопротивление при обтекании ограничителя обратного хода в полости 4, сопротивления при внезапном расширении и сжатии потока, сопротивление тройника при ответвлении потока и сопротивление симметричного тройника при слиянии потоков в полости 5, определяемые по известным формулам [4, 7].

Введем соотношение сопротивлений  $N_{n1}$  и  $N_{per1}$

$$N_{per1} = \varphi \cdot N_{n1}, \quad (9)$$

где  $\varphi$  – некоторый коэффициент.

Перепад давлений на поршне 2 с учетом выражений (7) и (9) равен

$$\Delta p_{n1} = Q^2(\varphi / (\varphi + 1))^2 N_{n1}^2, \quad (10)$$

$$N_{n1} = \sqrt{\frac{\rho_{жс}}{2\mu_{ш}^2 S_{ш1}^2}}. \quad (11)$$

Аналогичную зависимость имеет перепад давлений на втором поршне

$$\Delta p_{n2} = Q^2(\theta / (\theta + 1))^2 N_{n2}^2,$$

$$N_{n2} = \sqrt{\frac{\rho_{жс}}{2\mu_{ш}^2 S_{ш2}^2}}, \quad (12)$$

где  $S_{ш2}$  – площадь сечения щели поршня 14 м<sup>2</sup>.

Коэффициент  $\theta$  связывает сопротивление дросселя  $Dp2$   $N_{per2}$  и суммарное сопротивление  $N_{n2}$  щели поршня 14, каналов 18 и 19

$$N_{per2} = \theta \cdot N_{n2}. \quad (13)$$

Сопротивление  $N_{n2}$

$$N_{n2} = \sqrt{2N_{нов}^2 + N_{mp.б}^2 + N_{mp2.сл}^2 + N_{расш}^2 + N_{сж}^2 + N_{ш2}^2}, \quad (14)$$

где  $N_{тр2.сл}$  – сопротивление тройника при слиянии потоков в каналах 17 и 19.

Площади первого 2 и второго 14 поршней, штоков поршней

$$F_{n1} = \pi/4(D_{n1}^2 - d_{ш}^2), \\ F_{n2} = \pi/4(D_{n2}^2 - d_{ш}^2), f_{ш} = (\pi/4)d_{ш}^2. \quad (15)$$

Подставляя в неравенство (6) выражения (10), (12) и (15), получаем

$$Q^2(\varphi / (\varphi + 1))^2 \times (\pi/4)N_{n1}^2(D_{n1}^2 - d_{ш1}^2) + m_{n1}g + \rho_{жс}f_{ш}g(h_{о.с.} + \Delta X_n) \leq Q^2(\theta / (\theta + 1))^2 \times (\pi/4)N_{n2}^2(D_{n2}^2 - d_{ш2}^2) + m_{n2}g + c_{np2}x_0. \quad (16)$$

Решение данного неравенства в общем виде относительно  $D_{n2}$  представляет собой зависимость расчетных значений диаметров поршней от величины расхода. Для исключения  $Q$  из выражения (16) необходимо, чтобы соблюдалось равенство

$$Q^2(\varphi / (\varphi + 1))^2 \times (\pi/4)N_{n1}^2(D_{n1}^2 - d_{ш1}^2) = Q^2(\theta / (\theta + 1))^2 \times (\pi/4)N_{n2}^2(D_{n2}^2 - d_{ш2}^2). \quad (17)$$

Условие (16) в этом случае имеет вид

$$(\varphi / (\varphi + 1))^2 \times (\pi/4)N_{n1}^2(D_{n1}^2 - d_{ш1}^2) - (\theta / (\theta + 1))^2 \times (\pi/4)N_{n2}^2(D_{n2}^2 - d_{ш2}^2) = 0 \\ m_{n1}g + \rho_{жс}f_{ш}g(h_{о.с.} + \Delta X_n) - m_{n2}g + c_{np2}x_0 \leq 0; \quad (18)$$

Принимая

$$D_{n1} = D_{n2} = D_n \text{ и } d_{ш1} = d_{ш2} = d_{ш}, m_{n1} = m_{n2},$$

имеем

$$(\varphi / (\varphi + 1))^2 N_{ш1}^2 = (\theta / (\theta + 1))^2 N_{ш2}^2.$$

Принимая  $S_{ш1} = S_{ш2} = S_{ш}$ , с учетом выражения  $N_{ш}^2 = \rho_{жс} / 2\mu_{ш}^2 S_{ш}^2$ , получаем:  $\varphi = \theta$ .

Из полученных зависимостей видно, что при отсутствии разгерметизации трубопровода 13 поршни 2 и 14 остаются уравновешенными независимо от величины расхода  $Q$ .

Приравнивая значения  $\varphi$  и  $\theta$ , выраженные через соотношения (9) и (13), имеем

$$N_{per1} / N_{n1} = N_{per2} / N_{n2}. \quad (19)$$

Диаметры поршней  $D_n$  определяют исходя из минимального времени их перемещения на величину  $h_{ш.з} = 0,5(d_3 - d_{ш.з})$  при срабатывании защитного устройства. Движение поршней 2 и 14 равной массы при срабатывании системы описывается дифференциальным уравнением

$$m_n^{np}(d^2x_n / dt^2) + K1_{comp}(dx_n / dt)^2 + K2_{comp} \times (dx_n / dt) = \Delta p_{n1}F_n - P_{тр.п} - c_{np2}(x_0 + x_n), \quad (20)$$

где  $x_n$  – перемещение поршней, м;

$m_n^{np}$  – суммарная масса поршней и жидкости в линии обратной связи, приведенная к штоку поршня 2, кг;

$\Delta p_{n1}$  – перепад давлений на поршне 2 при срабатывании клапана, Па;

$K1_{comp}$  – коэффициент, характеризующий сопротивление движению поршней за счет перетекания жидкости через каналы 18, 19, дроссель  $Dp2$  и щель при движении поршня 14;

$K2_{comp}$  – коэффициент сопротивления движению поршней за счет перетекания жидкости через линию обратной связи 20;

$P_{тр.п}$  – сила трения поршней, Н;

$c_{np2}$  – жесткость пружины 15, Н/м;

$x_0$  – начальное натяжение пружины, м.

Значение  $\Delta p_{n1}$ , равно значению  $\Delta p_{n1}$  при номинальном расходе  $Q$  (формула (10)). Коэффициенты  $K1_{comp}$  и  $K2_{comp}$  определяются по выражениям

$$K1_{comp} = (N_{per2}'N_{ш2} / (N_{per2}' + N_{ш2}))2F_n^3, \\ K2_{comp} = R_{о.с.ш}f_{ш}^2, \quad (21)$$

где  $N_{per2}'$  – сопротивление дросселя  $Dp2$  перетеканию жидкости при перемещении поршня 14

$$N_{per2}' = \sqrt{\frac{\rho_{жс}}{2} \left( \frac{2}{\mu_{оп}^2 S_{оп2}^2} + \frac{2\zeta_{mp}' + \zeta_{сж} + \zeta_{вых} + 2\zeta_{нов}}{S_{с}^2} \right)},$$

$\zeta_{тр}' = 2$  – коэффициенты местного сопротивления тройников;

$\zeta_{вх}$  и  $\zeta_{вых}$  – коэффициенты местного сопротивления при входе в полость и истечении потока;  $R_{о.с.}$  – сопротивление линии 20, определяемое по известным зависимостям [5];

$S_{др2}$  – площадь сечения дросселя  $Dp2$ , м<sup>2</sup>;

$\mu_{др}$  – коэффициент расхода дросселя.

Площадь  $F_n$  равна  $F_n = F_{n1} = F_{n2}$ . Значения  $F_n$  и  $f_{ш}$  определяются по формулам (15).

Жесткость пружины 15 определяется исходя из следующих условий:

1. Усилие сжатия пружины 15 при полном ходе поршня не должно превышать 10 % усилия от начального значения.

2. Начальное усилие пружины 15 равно силе трения, действующей на поршни. Исходя из этих условий, имеем

$$c_{пр2}x_0 = P_{тр.п}; c_{пр2}\Delta X_n = 0,1P_{тр.п}. \quad (22)$$

Тогда жесткость пружины

$$c_{пр2} = 0,1P_{тр.п} / \Delta X_n, \quad (23)$$

Величина наибольшей длины линии 20 обратной связи  $l_{о.с. max}$ , м, определяется из условия

$$\rho_{жш} f_{ш} g (l_{о.с. max} + \Delta X_n) \leq 0,05 \Delta p_{п1} F_n. \quad (24)$$

Отсюда

$$l_{о.с. max} = (0,05 \Delta p_{п1} F_n / \rho_{жш} f_{ш} g) - \Delta X_n. \quad (25)$$

Правая часть уравнения (20) после подстановки выражения (23), с учетом условий (22) будет иметь вид

$$p_{п1} F_n - P_{тр.п} - c_{пр2}(x_0 + x_n) \equiv \equiv p_{п1} F_n - (2 + (0,1x_n / \Delta X_n)) P_{тр.п}. \quad (26)$$

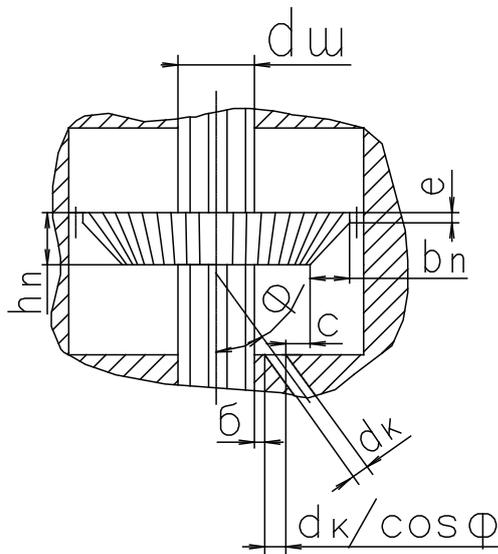


Рис. 2. Основные размеры поршней

Величина приведенной суммарной массы поршней и рабочей жидкости в линии 20 определяется по формуле [5]

$$m_n^{пр} = m_{п1} + m_{п2} + \rho_{жш} (f_{ш} \Delta X_n + l_{о.с.} (\pi d_{ш}^4 / 4 d_{о.с.}^2)), \quad (27)$$

где  $\rho_{жш} (f_{ш} \Delta X_n + l_{о.с.} (\pi d_{ш}^4 / 4 d_{о.с.}^2))$  – масса жидкости в линии обратной связи 20, приведенная к штоку 12 поршня 2 [5].

Диаметры штоков 12 выбираются из ряда номинальных значений исходя из условия  $d_{ш} \leq 0,9d_k$ . Величины  $h_{о.с.}$  и  $l_{о.с.}$  при расчетах принимаются равными  $l_{о.с. max}$  и определяются по формуле (25). Внутренний диаметр  $d_{о.с.}$  линии 20 принимается из условия  $d_{о.с.} \leq d_{ш}$ .

Силы трения поршней  $P_{тр.п}$  складывается из сил трения в уплотнениях  $P_{тр.упл}$ , а также сил трения  $P_{тр.пл}$  за счет взаимодействия штока с плунжером золотника 1

$$P_{тр.п} = P_{тр.упл} n_{упл} + P_{тр.пл}, \quad (28)$$

где

$$P_{тр.пл} = (Q(N_{пер1} N_{п1} / (N_{пер1} + N_{п1})))^2 F_3 k_{тр};$$

$k_{тр}$  – коэффициент трения пары «шток – золотник»;

$n_{упл}$  – суммарное количество уплотнений штоков.

Величина  $P_{тр.упл}$  зависит от типа уплотнения, давления уплотняемой среды и рассчитывается по стандартным методикам.

Решение уравнения (20) производится для различных значений диаметров поршней  $D_n$ . Величина  $D_n$  варьируется, начиная с минимального значения  $D_{н. min}$ , ограниченного условием перекрытия канала 11 (рис. 1 и 2) торцевой поверхностью поршня 2 в нижнем положении:

$$D_{н. min} = d_{ш} + 2(d_{ш} / \cos \phi + \delta + c + b_n). \quad (29)$$

Размер  $b_n$  при рекомендуемом значении угла конуса поршня 45° (см. Рис. 2), высоте цилиндрической части  $e = 0,02D_n$  и высоте поршня  $h_n = 0,05D_n$  [8] равен

$$b_n = h_n - e = 0,03D_n.$$

В этом случае выражение (29) принимает вид

$$D_{н. min} = (d_{ш} + 2(d_{ш} / \cos \phi + \delta + c)) / 0,94. \quad (30)$$

Значение размера  $\delta$  зависит от минимально допустимой толщины стенки канала 11 [4].

Угол  $\phi$  выбирается, исходя из наименьших гидравлических потерь, и принимается:  $\phi = 45^\circ$ .

Результаты расчета основных параметров отсечного клапана

Параметры клапана $Q$ , л/мин	$b_{ш}$ , мм	$D_{п}$ , мм	$d_{ш}$ , мм	$t_c$ , с	$V_{п}$ , л	$\Delta p_{сум}$ , МПа	$\psi = D_{п}/d_{ш}$	$\alpha = D_{п}/d_{к}$
40	0,4	52,2	8	0,043	0,028	0,47	6,525	5,22
63	0,5	60	10	0,038	0,04	0,63	6	5,189
80	0,5	62	10	0,024	0,032	0,89	6,2	5,167
100	0,5	75	12	0,034	0,057	0,72	6,25	5,149
200	0,7	102,6	18	0,034	0,114	0,80	5,7	5,13
400	1	160	28	0,06	0,402	0,54	5,714	5

Расчет параметров отсечного клапана производится в следующем порядке.

1. Определяется диаметр сечения каналов  $d_k$  исходя из допустимой скорости потока [3, 4].

2. Задается площадь сечения дросселя  $S_{др1}$ . Согласно рекомендациям [9, с. 142]  $S_{др1}$  принимается равной  $0,1S_k$ .

Тогда формула для  $N_{пер1}$  принимает вид

$$N_{пер1}^2 = (\rho_{ж} / 2) \times ((\zeta_{др} + 0,01(\zeta_{тр.п} + \zeta_{пов} + \zeta_{тр1.сл})) / 0,01S_k^2). \quad (31)$$

3. Далее по формулам (11) и (8) определяются сопротивления  $N_{ш1}$  и  $N_{п1}$ . Площадь  $S_{ш1}$  равна

$$S_{ш1} = \pi / 4[(D_{п} + 2b_{ш})^2 - D_{п}^2], \quad (32)$$

где  $b_{ш} \geq (3...5) \times 10^{-4}$ , м [3, 9].

4. Вычисляется сопротивление  $N_{п2}$

$$N_{п2} = \sqrt{2N_{нов}^2 + N_{мп.б}^2 + N_{мп2.сл}^2 + N_{расш}^2 + N_{сж}^2 + N_{ш2}^2}, \quad (33)$$

где  $N_{ш2}$  вычисляется по формуле (11) с учетом  $S_{ш1} = S_{ш2}$ .

5. Определяется требуемая величина сечения дросселя  $D_{др2}$ , м<sup>2</sup> исходя из соотношения (19)

$$S_{др2} = \frac{\sqrt{2\rho_{ж}}}{2\mu_{ш} \sqrt{\left(\frac{N_{пер1}N_{п2}}{N_{п1}}\right)^2 - N_{мп.п}^2 - N_{мп2.сл}^2}}, \quad (34)$$

где

$$N_{мп.п} = \sqrt{\frac{\rho_{ж} \zeta_{мп.п}}{2S_k^2}}$$

– сопротивление тройника для прямого потока.

6. Для определения времени перемещения поршней уравнение (20) решается методом Рунге-Кутты в программе *MathCAD 14* после приведения к виду

$$Ax''(t) + K_1(x'(t))^2 + K_2x'(t) + Cx(t) = P, \\ x(0) = 0, x'(0) = 0, \quad (35)$$

где  $A = m_{п}^{np}$  (см. формулу (27));  $K_1 = K1_{сomp}$ ,  $K_2 = K2_{сomp}$  (см. формулы (15) и (21) с учетом соотношения для  $d_{ш}$  и  $b_{ш.з}$ );  $C = 0,1P_{тр.п} / \Delta X_{п}$ ,  $P = \Delta p_{п1}'F_{п} - 2P_{тр.п}$  (см. равенство (26)). Силы трения  $P_{тр.п}$  определяются по формуле (28).

Действия по п. 3–6 производятся для различных значений  $D_{п}$ , включая  $D_{п.min}$ . Выбирается наименьшее значение  $D_{п}$ , при котором величина  $t_{п}$  минимальна.

7. Определяются размеры и масса золотника 1 (см. (4) и (5)).

8. По формулам (1), (2) определяется суммарное время срабатывания устройства  $t_c$ .

9. Определяется величина потерь нагнетаемой источником жидкости при срабатывании устройства, м<sup>3</sup>

$$V_{п} = Qt_c. \quad (36)$$

10. Вычисляются суммарные потери напора, создаваемые устройством

$$\Delta p_{сум} = [(N_{пер1}^2 N_{п1}^2 / (N_{пер1} + N_{п1})^2) + (N_{пер2}^2 N_{п2}^2 / (N_{пер2} + N_{п2})^2)] Q^2. \quad (37)$$

Результаты расчетов для значений номинального расхода от 40 до 400 л/мин приведены в таблице.

### Основные выводы

1. На основании расчетных зависимостей получены значения параметров отсечного клапана, обеспечивающие минимальное время перемещения его элементов и отсутствие ложных срабатываний в условиях изменяющегося расхода. Рекомендуемое соотношение диаметров поршней и каналов для расхода  $Q$  40–400 л/мин  $D_{п} = (5 - 5,2)d_k$ , причем меньшие значения выбираются для больших величин  $Q$ .

2. Предложенная методика расчета позволяет определять размеры основных деталей защитного устройства, обосновывать параметры его первоначальной настройки. Представленные соотношения могут быть использованы при проектировании отсечных клапанов, а также для выбора их типоразмеров.

### Библиографический список

1. Аверьянов, В.К. Защита гидропривода строительных машин от потерь рабочей жидкости / В.К. Аверьянов, В.К. Федоров, С.Н. Смирнов // Механизация строительства. – 2002. – № 8. – С. 4–6.
2. Ситников, Б.Т. Расчет и исследование предохранительных и переливных клапанов / Б.Т. Ситников, И.Б. Матвеев. – М.: Машиностроение, 1971. – 129 с.
3. Башта, Т.М. Машиностроительная гидравлика / Т.М. Башта. – М.: Машиностроение, 1971. – 672 с.
4. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам / Я.М. Вильнер, Я.Т. Ковалев, Б.Б. Некрасов и др.; под. общ. ред. Б.Б. Некрасова. – Мн.: Высшая школа, 1985. – 382 с.
5. Хандрос, А.Х. Динамика и моделирование гидроприводов станков / А.Х. Хандрос, Е.Г. Молчановский. – М.: Машиностроение, 1969. – 156 с.
6. Брон, Л.С. Гидравлический привод агрегатных станков и автоматических линий. 3-е изд., перераб. и доп. / Л.С. Брон, Ж.Э. Тартаковский. – М.: Машиностроение, 1974. – 328 с.
7. Объемные гидравлические приводы / Т.М. Башта и др. – М.: Машиностроение, 1968. – 628 с.
8. Кремлевский, П.П. Расходомеры и счетчики количества: справочник. – 4-е изд. / П.П. Кремлевский. – Л.: Машиностроение, 1989. – 701 с.
9. Лебедев, Н.И. Объемный гидропривод машин лесной промышленности: учебное пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / Н.И. Лебедев. – М.: Лесная пром-сть, 1986. – 296 с.

## РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ФОРСУНОК ДИЗЕЛЕЙ НА БИОТОПЛИВЕ

И.И. РУДЕНКО, асп. ФГНУ «Росинформагротех»

*fgnu@rosinformagrotech.ru; informagrotech@mail.ru*

Форсунка предназначена для распыления и впрыскивания топлива в камеру сгорания дизелей. Избыточное топливо, а вместе с ним и попавший в систему воздух через перепускной клапан ТНВД и клапан-жиклер фильтра тонкой очистки (ФТО) по дренажным топливопроводам отводятся в топливный бак.

Стенд для проверок форсунок предназначен для проверки, испытания, регулировки форсунок.

Приборы и оборудования для исследования вышеназванных параметров представлены в табл. 1

Параметры, проверяемые на стенде для форсунок:

- давление начала впрыскивания;
- качество распыливания топлива;
- гидравлическая плотность форсунки;
- герметичность по запирающему конусу распылителя.

Схема стенда для испытания форсунки дана на рис. 1.

Для испытания форсунки дизеля КАМАЗ-740 был взят стенд для проверки форсунок, который приведен на рис. 1 и 2.

На стенде проводились испытания по программе из 4-х этапов:

1. Испытания работоспособности форсунки на дизельном топливе (ДТ).
2. На биотопливе 7 : 3 (70 % дизельного топлива, 30 % рапсового масла).
3. На биотопливе 5 : 5 (50 % дизельного топлива, 50 рапсового масла).
4. Испытание работоспособности форсунки на рапсовом масле (РМ).

Согласно программе испытания форсунки необходимо определить:

- давление начало впрыска,
- качество распыления топлива,
- герметичность по запирающему конусу распылителя.

Проверка испытания форсунки ДВС КАМАЗ-740 на дизельном топливе. Давление начала впрыска форсунки проверяли в следующем порядке: установили форсунку на стенд, подсоединили ее к выходному штуцеру стенда с помощью сменного топливопровода: открыли кран «К манометру», кран «Слив» закрыт, создали насосом давление в гидросистеме и зафиксировали на манометре 180 кгс/см<sup>2</sup> в момент начала выхода струи топлива из форсунки.

**Приборы и оборудование для исследований форсунки**

Название и марка прибора	Назначение	Единица измерения	Точность измерения	Примечание
Стенд для проверки форсунок	Проверка технического состояния форсунок	кгс/см <sup>2</sup>	1	Настольный с ручным приводом
Топливный насос				Секция насоса от двигателя Д-160
Манометр	Измерение давления	кгс/см <sup>2</sup>	1	ОБМГн1-160, предел измерений 400 кгс/см <sup>2</sup>

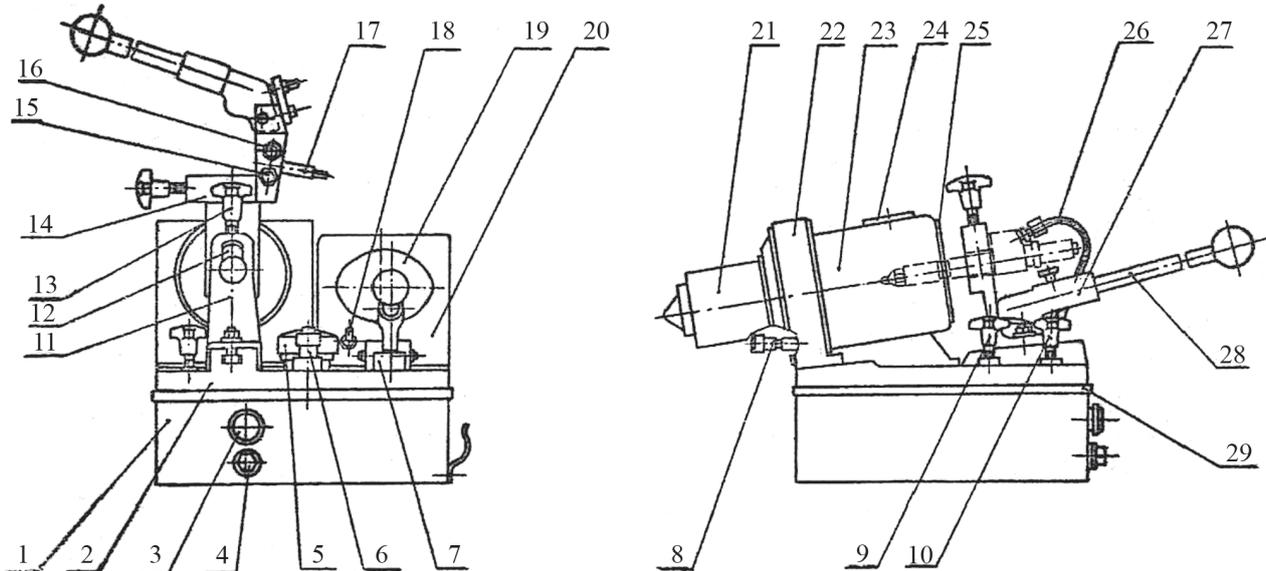


Рис. 1. Схема для проверки форсунок и насос-форсунок: 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – маслоуказатель; 4 – сливная пробка; 5 – сапун; 6 – выходной штуцер; 7 – насос; 8 – вставка; 9 – кран «К манометру»; 10 – кран «Слив»; 11 – кронштейн; 12 – призма; 13 – винт нажимной; 14 – зажим насос-форсунок; 15 – колпачок; 16 – штуцер; 17 – шаблон; 18 – тумблер; 19 – манометр; 20 – кожух; 21 – электродвигатель МЭ236; 22 – вентилятор; 23 – камера впрыска; 24 – заглушка; 25 – крышка; 26 – сменный топливопровод; 27 – рычаг; 28 – рукоятка; 29 – прокладка

Качество распыливания дизельного топлива форсункой определяли так:

- устанавливаем форсунку на стенд, подсоединяем ее к выходному штуцеру стенда с помощью сменного топливопровода;
- кран «Слив» закрыт;
- производим впрыскивание топлива форсункой в камеру впрыска, создав давление насосом;
- частота движения рукояткой насоса равна 60 качаниям в минуту;
- пронаблюдав визуально размеры частиц распыленного топлива и плотность их распределения по поперечному сечению факела, впрыскиваем топливо. Начало и конец впрыска четкий и сопровождается характерным звуком. В факеле впрыскиваемого форсункой топлива нет, образование отдельных

капель и сплошных струек топлива, нет подтекания топлива через сопловое отверстие.

Герметичность по запирающему конусу распылителя форсунки: устанавливаем форсунку на стенд, подсоединив ее к выходному штуцеру стенда с помощью сменного топливопровода.

Открыли кран «К манометру», кран «Слив» закрыли, создав насосом в гидросистеме стенда; давление на 1–1,5 МПа (10–15 кгс/см<sup>2</sup>) меньше давления впрыска форсунки, выдержали в течение определенного времени на носике корпуса распылителя форсунки, подтекания топлива не наблюдается.

Проверка испытания форсунки на биотопливе (30 % РМ–70 % ДТ) показала, что параметры, проверяемые на стенде, остались без изменения.

**Результаты испытаний форсунки**

Исследуемые параметры	ДТ (100 %)	РМ (30 %)- ДТ (70 %)	РМ (50 %)- ДТ (50 %)	РМ (100 %)
Давление начала впрыска	180 кгс/см <sup>2</sup>	180 кгс/см <sup>2</sup>	185 кгс/см <sup>2</sup>	190 кгс/см <sup>2</sup>
Качество распыления топлива	норма	норма	норма	норма
Герметичность запирающего конуса распылителя	норма	норма	Норма	норма

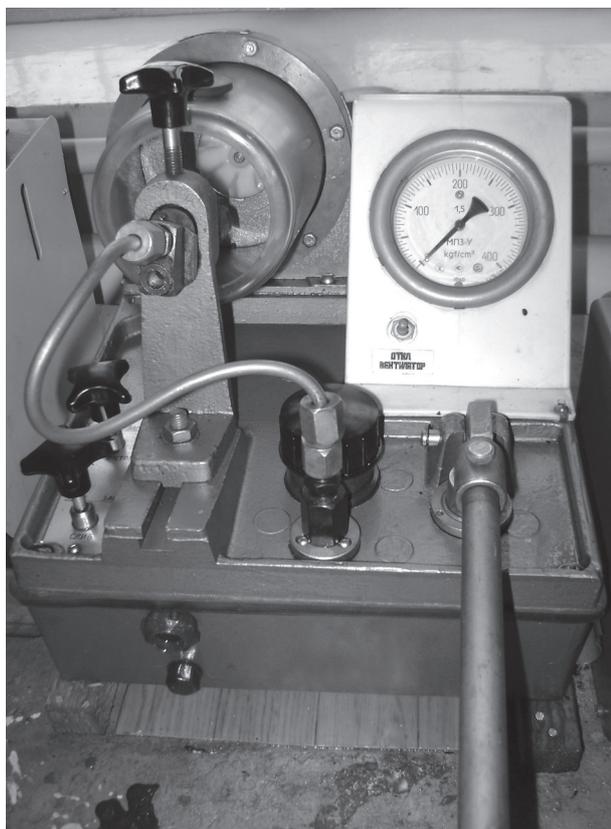


Рис. 2. Стенд для проверки форсунок

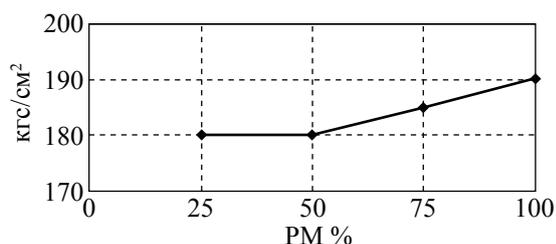


Рис. 3. График изменения параметров форсунки

Проверка испытаний форсунки на биотопливе (50 % РМ-50 % ДТ) показала, что параметры, проверяемые на стенде, выявили изменения в давлении начала впрыскивания, зафиксировав на манометре 185 кгс/см<sup>2</sup> в момент начала выхода струи топлива из форсунки.

Другие параметры испытания форсунки на стенде остались без изменения:

- качество распыливания топлива,
- герметичность по запирающему конусу распылителя

Проверка испытания форсунки на рапсовом масле. Стенд показал изменения в давлении начала впрыскивания, зафиксировав на манометре 190 кгс/см<sup>2</sup> в момент начала выхода струи топлива из форсунки.

Другие параметры испытания форсунки на стенде остались без изменения. Это говорит о том, что форсунка может работать на биотопливе, т.к. работоспособность форсунки дизельного ДВС, КАМАЗ-740 от 180 – 190 кгс/см<sup>2</sup>.

Результаты исследуемых параметров представлены в табл. 2 и рис. 3.

Как показали наши исследования, содержание биодобавок влияет на давление начала впрыска. Предложено адаптировать эти форсунки для работы на дизельном биотопливе.

**Библиографический список**

1. Федоренко, В.Ф. Результаты испытаний и перспективы эксплуатации дизелей на биотопливе / В.Ф. Федоренко. – М.:ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 136 с.
2. Савельев, Г.С. Биологическое моторное топливо для дизелей на основе рапсового масла / Г.С. Савельев, Н.В. Краснощеков // Тракторы и с/х машины. – 2005. – № 10. – С. 11–16.
3. Нагорнов, С.А. Перспективное топливо для дизельных двигателей / С.А. Нагорнов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. Вернадского. – 2006. – № 1(3). – С. 212–216.
4. Валеев, Д.Х. Руководство по эксплуатации, устройству, техническому обслуживанию и текущего ремонта автомобиля / Д.Х. Валеев. – Набережные Челны: ОАО «Камаз». – 2006. – 412 с.

## ЛЕСНЫЕ ДОРОГИ – КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДИНСТИТУТ ЛЕСНОГО ПРАВА

Е.И. МАЙОРОВА, *проф. каф. права МГУЛ, д-р юридических наук,*  
В.А. МХИТАРЯН, *асп. каф. права МГУЛ*

*mayorova@mgul.ac.ru*

Еще в конце 50-х гг. XX в. проф. Г.Н. Полянская, автор известного крупного исследования по проблемам лесного права, отмечала, что для ведения лесного хозяйства необходимы не только леса в собственном смысле слова, но иные земельные площади, в частности, для прокладки лесовозных дорог, строительства производственных и жилых помещений, лесных складов и пр. [1]. Действующий ЛК РФ намеренно не употребляет понятие «лесное хозяйство», обосновывая это неоднозначностью трактовки данного термина. Однако федеральный закон «О введении в действие Лесного кодекса Российской Федерации» от 4 декабря 2006 № 201-ФЗ, исключив из федеральных законов положение о ведении лесного хозяйства, тем не менее сохранил действие норм, признающих лесное хозяйство отраслью национальной экономики.

Термин «инфраструктура» в литературе, связанной с лесным правом, до 1997 г. не употреблялся. Понятие «лесная инфраструктура» не является новым для современного лесного права. Ст.40 ЛК РФ-97 «Условия договора концессии участка лесного фонда» в качестве обязанностей инвестора указывала «строительство и содержание дорог и других объектов инфраструктуры», поскольку концессионерам, как правило, предоставлялись «участки лесного фонда неосвоенные, без сложившейся инфраструктуры и требующие вложения значительных средств для вовлечения этих участков в эксплуатацию» (ст. 37ЛК-97).

Ст. 12 ЛК РФ устанавливает, что при освоении лесов на основе комплексного подхода осуществляется создание и эксплуатация объектов лесной и лесоперерабатывающей инфраструктуры. Ст. 13 и 14 ЛК РФ используют термины «лесная инфраструктура» и «лесоперерабатывающая инфраструктура», но не раскрывают их смысла. В «Комментарии» к Лесному кодексу [2] под первым рассматриваются «лесные дороги, лесные

склады и др.», под вторым – «объекты переработки заготовленной древесины, биоэнергетические объекты и др.». Если лесная инфраструктура необходима для использования, охраны и защиты и воспроизводства лесов, то лесоперерабатывающая – для переработки древесины и иных добытых лесных ресурсов. Таким образом, лесные дороги представляют собой важнейший элемент именно лесной инфраструктуры, хотя очевидно, что и лесоперерабатывающая инфраструктура не может функционировать без наличия развитой сети лесных дорог. Кроме того, лесные дороги призваны улучшить условия труда работников лесного сектора.

Как лесная, так и лесоперерабатывающая инфраструктуры должны служить одной цели: освоению лесов в целях обеспечения их многоцелевого, рационального, непрерывного, неистощительного использования, а также развития лесной промышленности (ст. 12 ЛК РФ). При этом лесные дороги являются единственным элементом инфраструктуры, который необходим при любых видах использования лесов. Так, ст. 39 ЛК РФ разрешает на лесных участках, используемых для названных целей, размещение такого элемента инфраструктуры, как временные постройки. Ст. 41 ЛК РФ «Использование лесов для осуществления рекреационной деятельности» допускает благоустройство на лесных участках, возведение на них временных построек, а, кроме того, строительство физкультурно-оздоровительных и спортивных и сооружений. Логично предположить, что осуществление указанной деятельности требует устройства дорог. Ст. 53 ЛК РФ «Пожарная безопасность в лесах» предусматривает строительство лесной противопожарной инфраструктуры в виде посадочных площадок для самолетов и вертолетов, минерализованных полос и устройство дорог противопожарного назначения.

Поскольку в ЛК РФ не содержится правовых определений термина «инфраструктура», целесообразно основываться на общепринятой трактовке данного понятия.

Под инфраструктурой принято понимать «комплекс взаимосвязанных обслуживающих структур, составляющих и (или) обеспечивающих основу для решения задачи» [3].

Инфраструктура может рассматриваться как «совокупность сооружений, зданий, систем и служб, необходимых для функционирования отраслей материального производства и обеспечения условий жизнедеятельности общества. К производственной инфраструктуре относятся дороги, склады, каналы, порты, системы связи» [4]. Так же определяет понятие «инфраструктура» Российская энциклопедия по охране труда. Исходя из определения можно считать, что лесная инфраструктура является важнейшим условием результативного освоения лесов в целях обеспечения их многоцелевого, рационального, непрерывного, неистощительного использования, а также развития лесной промышленности.

Общественные отношения в области финансирования, создания, обслуживания и права собственности на лесную инфраструктуру регламентируются не только лесным, но и экологическим, земельным, гражданским, водным правом, градостроительным законодательством, законодательством об инвестиционной деятельности, о местном самоуправлении и др.

Экологическое право регулирует лесоохранительные отношения обобщенно, нормами и принципами, заявленными в ФЗ «Об охране окружающей среды». Лесоохранительные нормы имеют несомненный приоритет над нормами, регулирующими лесопользование. Однако это положение не следует понимать буквально. Так, по мнению А.И. Писаренко и В.В. Страхова, «если раньше считалось, что спасение лесов России заключается в отсутствии дорог, то скоро у нас, как и во всем мире, возобладает мнение, что без лесных дорог мы не сможем обустроить страну и перейти к экосистемному управлению лесным хозяйством» [5].

Лесным кодексом не предусматривается опережающее строительство объектов ин-

фраструктуры и дорожной сети, без которых невозможно перейти к равномерному использованию лесов. По этой причине происходит возвращение к концентрированным рубкам главного пользования, разрушающим лесной экологический каркас. Кроме того, как инфраструктура, так и лесные дороги, проходящие по землям лесного фонда, защитных лесов, особо охраняемых природных территорий во время строительства и эксплуатации могут оказывать негативное влияние на большие площади лесного фонда.

ЛК РФ перевел большинство лесных правоотношений в область цивилистики. Ст.3 ЛК прямо указывает, что имущественные отношения, связанные с оборотом лесных участков и лесных насаждений, регламентируются гражданским законодательством. В эту сферу попадают и объекты инфраструктуры на лесных участках. Поскольку действующее лесное законодательство заменило понятие «лес» термином «лесной участок», а понятие «лесопарк» – словосочетанием «лесопарковая зона», правоотношения в сферах аренды, освоения, государственной инвентаризации лесов и пр. возникают по поводу, скорее, территории, чем насаждений, и, следовательно, в гораздо большей степени, чем до 2006 г., регулируются земельным законодательством, если иной порядок не установлен ЛК РФ.

Федеральный закон от 14 марта 2009 № 32-ФЗ «О внесении изменений в Лесной кодекс РФ отдельные законодательные акты Российской Федерации» разрешает строительство гидротехнических сооружений, в том числе и в защитных лесах, тем самым устанавливая связь ЛК РФ с Водным кодексом РФ, в частности ст. 45 ВК РФ. Согласно ГОСТ 19 185-73, такие сооружения представляют собой устройства для использования водных ресурсов, а также для борьбы с вредным воздействием вод. Правовое регулирование в этой области осуществляется федеральным законом от 21 июля 1997 N 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» (ред. от 30.12.2008).

В качестве объектов лесной инфраструктуры могут выступать склады, лесопилки, кордоны лесной охраны, зимовья, грибоварни, ульи, изгороди, навесы и другие временные бытовые сооружения, которые в соответствии

со ст. 1 Градостроительного кодекса РФ являются объектами капитального строительства или временными постройками. Следовательно, нормы градостроительного законодательства регулируют все строительство, осуществляющееся на территории лесного фонда.

Глава 9 ЛК РФ разграничивает полномочия в области лесных отношений между органами государственной власти РФ, субъектов РФ и местного самоуправления. Разграничение полномочий основано на конституционных нормах (ст. 72), согласно которым вопросы владения, пользования и распоряжения природными ресурсами, природопользование и лесное законодательство относятся к предметам совместного ведения РФ и субъектов РФ. Инвестиционное законодательство применительно к лесному сектору экономики включает федеральный закон от 25 февраля 1999 № 39-ФЗ «Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений» и постановление Правительства РФ от 30 июня 2007 № 419 «О приоритетных инвестиционных проектах в области освоения лесов». Приоритетным инвестиционным проектом является инвестиционный проект, включенный в перечень, утверждаемый Правительством Российской Федерации, суммарный объем капитальных вложений в который должен составлять не менее 300 млн рублей.

Как известно, лесное право включает систему специальных актов правотворчества, а также множество иных механизмов и процессов – например, государственную инвентаризацию лесов, освоение лесов, лесную сертификацию, аренду участков леса, возмещение вреда, причиненного лесам, ответственность за нарушение лесного законодательства и т.д. Процедура осуществления этих механизмов образует относительно самостоятельную совокупность общественных отношений или каких-либо их свойств и регулируется системой взаимосвязанных правовых норм. Поэтому перечисленные механизмы в сфере лесопользования правомерно рассматривать как институты лесного права. В качестве такого института может выступать и институт лесной инфраструктуры.

Таким образом, правовой режим лесной инфраструктуры регулируется обособ-

ленным комплексом правовых норм, являющихся специфической частью лесного права, а также нормами соответствующих отраслей законодательства. В силу этого лесная инфраструктура имеет все основания рассматриваться в качестве комплексного института лесного права.

Лесные дороги – это в большей степени автомобильные дороги, поэтому на них распространяется положения ФЗ РФ от 8 ноября 2007 г. № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и иных нормативных правовых актов, регулирующих дорожную деятельность. Это выделяет особенности правового регулирования их устройства, содержания и эксплуатации среди других элементов лесной и лесопромышленной инфраструктуры. В то же время лесные дороги не являются автомобильными дорогами общего пользования, что определяет специфику применения дорожного законодательства учитывать оптимальность лесосырьевой базы. Возникает много неясностей, обусловленных строительством, содержанием и эксплуатацией дорог, связанных с созданием лесной инфраструктуры и не связанных с ней (ст. 21 ЛК РФ).

Земельный кодекс РФ устанавливает порядок предоставления и использования земель транспорта. Согласно ст. 90 ЗК эти земли предоставляются, как правило, бессрочно, используются для размещения автомобильных дорог и непосредственно примыкающих к ним сооружений дорожного хозяйства. На период строительства, реконструкции или ремонта транспортных сооружений учреждение вправе получить участки во временное пользование. При создании лесной инфраструктуры имеет значение категория лесов, в которых могут быть использованы ее элементы, в том числе проложены лесные дороги. Лесные участки, находящиеся в государственной или муниципальной собственности, предоставляются гражданам, юридическим лицам для строительства дорог и других линейных объектов на праве постоянного (бессрочного) пользования, праве ограниченного пользования чужими лесными участками, праве аренды и безвозмезд-

дного срочного пользования. Использование лесных участков для указанных целей производится без перевода земель лесного фонда в земли иных категорий при условии последующей рекультивации земель [6].

Водный кодекс ст. 48 регулирует использование водных объектов для сплава леса, а ст. 63 определяет порядок охраны лесов в водоохраных зонах, в частности, запрещает в них рубки главного пользования и тем самым вносит ограничения в планировку освоения лесных массивов. Очевидно, что устройство и эксплуатация гидросооружений на территории лесного фонда также невозможно без наличия сети лесных дорог.

Большинство залежей полезных ископаемых находится на покрытых лесом территориях. Лесные участки предоставляются для добычи материального сырья, ископаемого топлива и других материалов. Эти территории используются для устройства подземных сооружений и коммуникаций, таких как склады, хранилища (в частности, радиоактивных веществ и токсичных отходов), трубопроводы и пр. (закон РФ «О недрах» (ред. 14.05.20010) [7]. Специально о дорогах закон не упоминает, но очевидно, что деятельность по рациональному использованию и охране недр невозможна без развитых транспортных коммуникаций.

Федеральным законом «Об охоте и о сохранении охотничьих ресурсов и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 24 июля 2009 № 209-ФЗ введено понятие «охотничьи угодья». Это территории, в границах которых допускается осуществление деятельности в сфере охотничьего хозяйства (п.15 ст.1). Закон предусматривает создание на охотничьих угодьях охотничьей инфраструктуры (п.2 ст.27) и обеспечение внутрихозяйственного охотоустройства (п.6 ст.27). К охотничьей инфраструктуре п.2 ст. 53 ФЗ № 209 законодатель относит лесные дороги и другие линейные объекты.

Представленный обзор норм различных отраслей права и законодательства, применяемых при проектировании, строительстве и эксплуатации лесных дорог, свидетельствует о том, что общественные отношения в данной области не могут регламентироваться только

лесным законодательством. Необходимо привлечение норм экологического, гражданского, водного права, горного законодательства, законодательства об охоте, о недрах, о дорожном строительстве и пр.

Резюмируя вышеизложенное, можно утверждать, что для правового режима лесных дорог характерно образование упорядоченной совокупности юридических норм, регулирующих конкретную разновидность общественных отношений, находящихся в рамках института лесной инфраструктуры. Поэтому правовой режим лесных дорог правомерно рассматривать в качестве субинститута, или подинститута лесной инфраструктуры.

Таким образом, мы считаем обоснованным выделение комплексного института лесной инфраструктуры в системе лесного права, и, в свою очередь, правового подинститута (субинститута) лесных дорог в институте лесной инфраструктуры. Придание соответствующего статуса лесным дорогам должно, с одной стороны, способствовать привлечению внимания органов лесоуправления и иных властных структур к проблеме их устройства, что необходимо для использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, переработки древесины и иных добытых лесных ресурсов, с другой – позволит детализировать разработку правового режима лесных дорог и тем самым устранить имеющиеся неясности при их проектировании, строительстве и эксплуатации.

#### Библиографический список

1. Полянская, Г.Н. Право государственной собственности на леса в СССР / Г.Н. Полянская. – М.: Госюриздат, 1959.
2. Лесной кодекс Российской Федерации. Комментарий: изд. 2-е, доп. / Под общ. ред. Н.В. Комаровой, В.П. Рощупкина. – М.: ВНИИЛМ, 2007.
3. Глоссарий. ru
4. Большой энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия, 1991.
5. Писаренко, А.И. Государство и лесные дороги: европейский опыт / А.И. Писаренко, В.В. Страхов // Лесное хозяйство. – № 4. – 2009. – С. 5–7.
6. Комментарий к лесному кодексу Российской Федерации (постатейный) / С.А. Боголюбов, М.И. Васильева, Ю.Г. Жариков и др. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008.
7. Бринчук, М.М. Экологическое право: учебник / М.М. Бринчук. – М.: «Городец», 2009.

## ЖИДКОЕ БИОТОПЛИВО: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Г.И. КОЛЬНИЧЕНКО, *проф. каф. электроэнергетики ЛК МГУЛ, д-р техн. наук,*  
А.В. СИРОТОВ, *проф. каф. электроэнергетики ЛК МГУЛ, д-р техн. наук,*  
Я.В. ТАРЛАКОВ, *асп. каф. электроэнергетики ЛК МГУЛ*

*panferov@mgul.ac.ru*

Сокращение запасов ископаемых углеводородов, повышение стоимости их добычи, а также ужесточение экологических требований делает все более актуальной проблему использования альтернативных источников энергии, в числе которых особое место принадлежит биотопливу.

Существует твердое, жидкое и газообразное биотопливо.

В мире уделяется все больше внимания использованию жидкого биотоплива для дизельных и бензиновых двигателей в виде биодобавок к основному топливу. В связи с этим во многих странах наращивается производство биоэтанола, биодизеля и биобутанола [1, 2].

В Америке и странах американского континента наибольшую популярность приобрел топливный этанол, используемый как вместо бензина, так и в смеси с ним [3]. В США уже сейчас на производство биоэтанола идет до четверти американского урожая кукурузы. А в Бразилии этанол производят из кукурузы и сахарного тростника в таком количестве, что этанол является серьезным конкурентом традиционному нефтяному топливу.

В Европе широко используется биодизель, сырьем для которого служат различные масла – рапсовое, пальмовое, подсолнечное – и который может применяться как вместо дизельного топлива, так и в смеси с ним.

По аналогии с этанолом смеси с низким содержанием биодизеля не требуют внесения изменений в конструкцию двигателя.

Щедрая поддержка со стороны государств Западной Европы и США привела к заметному росту мощности по производству биоэтанола и биодизеля в этих странах. Только за последние три года производственная мощность этих производств увеличилась примерно в три–четыре раза. Однако следует отметить, что это увеличение сопровождалось ростом цен на продовольствие, что дало

повод политикам обвинить биотопливную индустрию в раздувании цен на продовольственные товары. Другими словами, по мнению многих, есть опасение, что производство биотоплива, спасая мир от энергетического кризиса, спровоцирует другой кризис – продовольственный.

Исследования последних лет показывают, что заметный рост цен на продовольствие в мире происходит в основном не из-за безудержного развития биотопливной промышленности, а связан с увеличением населения в развивающихся странах и повышением уровня жизни. Тем не менее, больше внимания стало уделяться биотопливу, которое получают из производств, не конкурирующих с пищевыми отраслями. Например, предпочтительно использование биотоплива, получаемого из соломы и других отходов сельскохозяйственного производства, из отходов древесного производства, а также из водорослей. Сейчас в Японии решается задача, как культивировать водоросли в промышленных масштабах, т.е. как создать поля своей «нефтяной водоросли». В американской Силиконовой долине созданы генетически измененные одноклеточные организмы, которые способны из любого органического мусора (солома, опилки и т.д.) делать настоящий этанол. Причем эти бактерии выделяют уже полностью готовую к заправке в моторы жидкость. Первый завод такого топлива, где будут трудиться микроорганизмы, предполагается изготовить и продемонстрировать в работе к 2010 г.

Биотопливо имеет немало преимуществ перед традиционными видами моторного топлива:

– биотопливо получают путем переработки продуктов растительного происхождения, что не ухудшает структурный и химический состав почв в системах севооборота;

- выброс углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) значительно меньше, чем у обычного топлива;
- по сравнению с бензином и дизельным топливом демонстрирует отличные результаты по показателям продуктов сгорания монооксида углерода, остаточных частиц и сажи;
- в биотопливе по сравнению с минеральными аналогами почти не содержится серы;
- при попадании на биологические объекты биотопливо не причиняет вреда ни растениям, ни животным, ни водным источникам. Кроме того, оно подвергается практически полному биологическому распаду.

Внедрение биодобавок приведет к существенному уменьшению вредных выбросов в атмосферу и значительно улучшит экологическое состояние планеты при сложившихся обстоятельствах глобального потепления.

В странах мира намечены следующие масштабы такого внедрения:

- ЕС планирует достижение к 2020 г. 10 % доли биотоплива в общем количестве топлива, используемого транспортом;
- Китай к 2020 г. планирует достижение 15 % такой доли биотоплива;
- Индия планирует увеличение этой доли до 10 % к 2010 г.;
- Австралия стремится к 5–6 % к 2020 г.;
- США планирует увеличить потребление биотоплива более чем в 10 раз к 2030 г. по сравнению с объемом потребления в 2010 г. [4].

Наряду с этанолом и биодизелем получает все большее распространение биотопливо второго поколения – биобутанол. Это синтетическое топливо, которое не содержит серу и ароматизаторы, при сгорании выделяется мало побочных веществ, и оно имеет хороший баланс  $\text{CO}_2$ . Его можно получить из любого вида биомассы, т.е. для его получения можно использовать отходы лесозаготовок и лесопереработки (древесные опилки, стружки, щепу), а также энергетическую древесину, остатки кормовых культур и др. отходы сельскохозяйственного производства.

Как известно, Россия обладает огромными резервами углеводов и еще долго будет оставаться основным поставщиком традиционных энергетических ресурсов в мире.

Но в отличие от традиционных энергоресурсов использование биотоплива сокращает выброс парниковых газов, поскольку при сгорании биотоплива в атмосферу возвращается углерод, который ранее поглотили растения. У ископаемых топлив – другое дело: углерод в их составе миллионы лет оставался «законсервированным» в земных недрах, и когда он попадает в атмосферу, концентрация углекислого газа на поверхности планеты повышается. Таким образом, при использовании биотоплива не происходит накопление углекислого газа в атмосфере, приводящего к «парниковому эффекту», что благотворно скажется на выполнении Россией требований Киотского протокола и создаст дополнительные резервные условия для развития промышленности.

Развитые страны, оценив высокую перспективность получения моторного топлива из возобновляемого сырья, включили это направление в число приоритетных и обеспечили поддержку на государственном уровне. В результате сегодня доля США в мировом объеме биотехнологической продукции составляет 42 %, Евросоюза – 22 %, Китая – 10 %, Индии – 2 %, а доля России составляет всего лишь около 0,2 % [4].

Поэтому в России уже идет работа по созданию новой высокотехнологичной отрасли по производству биотоплива из отходов непищевых и самых дешевых источников и прежде всего из отходов деревообработки. В этом плане у нашей страны экономически выгодные позиции.

В России, также как и в Бразилии, сосредоточены основные лесные массивы планеты, в связи с чем остро стоит проблема более эффективного их использования, в том числе посредством сокращения экспорта круглого леса, внедрения безотходных технологий и технологий глубокой переработки древесины, что связано с проблемой утилизации отходов деревообработки, которые являются сырьем для получения биотоплива [5]. И это сырье в 5–6 раз дешевле зерна.

При активном участии госкорпорации «Ростехнология» уже создана корпорация «Биотехнологии». Это открытое акционерное общество. Им разработана и продвигается программа создания российского рынка экологически

чистых присадок к бензинам. Напомним, что постановлением правительства РФ утвержден технический регламент требований к качеству топлива. На смену экологическому стандарту для топлива Евро-2 придет в текущем году Евро-3, а в 2010–2013 гг. уже будет действовать Евро-4, предполагающий использование пятипроцентной присадки к бензинам.

Основная цель программы корпорации «Биотехнологии» – замещение пятипроцентной доли российского рынка бензинов за счет применения этанола и бутанола.

Россия – единственная страна в мире, имевшая развитую промышленность по производству спирта из непищевого растительного сырья. За основу новой технологии и в целом всей отрасли по производству биотоплива взяты производственные площадки бывших гидролизных заводов и предприятий спиртовой промышленности. Предполагается до 2020 г. в зонах переработки отходов построить или модернизировать порядка 30 заводов. К этому времени российская биотопливная отрасль может иметь капитализацию более 5 млрд долл. Данный проект реализуется на основе принципа частногосударственного партнерства. Финансирование – на долевой основе: 50 % за счет федерального бюджета, а 50 % из внебюджетных источников.

Реализация на практике разработанного корпорацией проекта «Развитие биотехнологии в РФ в 2008–2020 гг.» позволит осуществить масштабное преобразование в экономике с обеспечением равновесия топливного баланса страны и решения важнейших технических, экологических и социальных задач.

В России в течение 2007–2008 гг. было заявлено около десяти проектов по производству биодизеля и биобутанола. На средства корпорации «Биотехнологии», например, в Иркутской области запущен пилотный проект по производству биотоплива (Тулунский топливный завод). В числе реализуемых проектов уникальная технология производства биоэтанола из отходов деревообрабатывающей промышленности, разработанная и внедренная на Кировском биохимическом заводе (БХЗ). В этой технологии в качестве исходной биомассы используются опилки и другие отходы лесной и деревообрабатывающей промыш-

ленности. Таким образом, при ее реализации не затрагивается продовольственный сектор экономики. Вложенные в реконструкцию Кировского БХЗ 60 млн руб. окупятся уже через 2 года за счет производства конкурентоспособного по цене биоэтанола. Важным фактором низкой его себестоимости станет отсутствие необходимости транспортировки биомассы из других регионов [3].

Большинство биотоплив значительно отличаются по физико-химическим свойствам от традиционных жидких углеводородных топлив. Поэтому весьма важной задачей является изучение влияния свойств биотоплива на итоговые показатели работы двигателя (эксплуатационные, экономические, экологические). В проведении указанной работы особенно заинтересованы лесной, агропромышленный и транспортный секторы экономики России с их многочисленными двигателями внутреннего сгорания. Общеизвестно, что разработка и внедрение двигателей с использованием возобновляемых источников энергии, в том числе биотоплива, является одним из приоритетных направлений в области механизации, электрификации и автоматизации перечисленных выше секторов экономики страны. В первую очередь, это относится к дизельным двигателям, которые являются важнейшей составной частью дизельных электростанций (стационарных и передвижных), широко применяемых в районах страны без централизованного электроснабжения.

В условиях лесного комплекса имеются огромные возможности применения биотоплива и традиционного топлива с биодобавками, так как многие энергопотребители лесных отраслей располагаются в местах, удаленных от централизованных источников энергоснабжения.

#### Библиографический список

1. Мировая Энергетика. – 2007. – № 10 (46).
2. Мировая Энергетика. – 2008. – № 9 (57).
3. Валенчук, О. Не панацея, а реальная альтернатива / О. Валенчук // Независимая газета – 29 сентября 2008 год.
4. «Биоинформатика» [Электронный ресурс] URL: <http://www.rusbiotech.ru/>
5. Лесная биоэнергетика: учебное пособие / под ред. Ю.П. Семенова. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. – 348 с.

## АДГЕЗИЯ ДРЕВЕСИНЫ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ ЭФИРАМИ БОРНОЙ КИСЛОТЫ

В.И. СИДОРОВ, *проф. каф. общей химии МГСУ, д-р хим. наук,*

И.В. КОТЕНЕВА, *доц. каф. общей химии МГСУ, канд. техн. наук,*

И.А. КОТЛЯРОВА, *асп. каф. общей химии МГСУ,*

Н.А. ЕРМАЧКОВА, *доц. каф. технологии деревообработки БГИТА, канд. техн. наук*

kanz@mgsu.ru

Для гидрофобизации конструкции из древесины покрывают лакокрасочными материалами (ЛКМ), долговечность защитного действия которых зависит от сил сцепления ЛКМ с поверхностью древесины, т.е. от величины адгезии. Известно, что улучшить адгезию капиллярно-пористых материалов, к которым относится древесина, и, следовательно, увеличить срок службы защитных покрытий можно, уменьшив удельную поверхность древесины, так как уменьшение диаметра капилляров приводит к росту сил капиллярной конденсации и увеличению глубины проникновения ЛКМ в материал [1].

Кроме того, увеличению адгезионной прочности полярных пленкообразователей, к которым относится большинство используемых ЛКМ, способствует увеличение полярности подложки [2], например, за счет химического модифицирования поверхности древесины модификаторами, содержащими полярные группы. Опытным путем установлено [7], что наличие на поверхности подложки амино- и протолитических групп (кислотных остатков) способствует образованию водородных связей между молекулами адгезива и подложки и усилению адгезии. В этом случае достаточно высокая адгезионная прочность является результатом проявления межмолекулярных сил взаимодействия [4, 8].

В связи с этим мы предположили, что модифицирование поверхности древесины водными растворами моно- и диэтиламин( $N \rightarrow B$ )-боратов, содержащими в своем составе аминогруппы и протолитические  $-OH$  группы, может привести к повышению адгезии ЛКМ к поверхности древесины.

**Модифицирование древесины сосны** осуществляли 50 %-ми водными растворами моно- и диэтиламин( $N \rightarrow B$ )-боратов (далее состав 1 и состав 2) при комнатной

температуре путем погружения в течение 3-х часов. Затем образцы высушивали на воздухе до постоянной массы.

Удельную поверхность древесины исследовали методом сорбции [5]. Учитывая, что объем образцов в ходе сорбции не изменялся, рассчитывали значения удельной поверхности древесины по формуле

$$S_{уд} = \frac{\Delta m \cdot 10^{-3}}{m_0 \cdot g \cdot M_r} \cdot N_A \cdot S;$$

где  $\Delta m$  – разность между массой образца во время сорбционного равновесия и исходной массой образца, г;

$m_0$  – исходная масса образца, г;

$g$  – плотность сорбата, воды, г/см<sup>3</sup>;

$M_r$  – молярная масса адсорбата, г/моль;

$N_A$  – число Авогадро, моль<sup>-1</sup>;

$S$  – площадь поперечного сечения молекулы адсорбата, м<sup>2</sup>.

Краевой угол смачивания определяли согласно методике [6]. Водопоглощение древесины исследовали в соответствии с ГОСТ 16483.20-72 в течение тридцати дней. Величину адгезии определяли согласно ГОСТ 27325-87.

На рис. 1 представлены результаты измерений удельной поверхности модифицированной древесины и контрольных образцов. Из рис. 1 видно, что при модифицировании древесины составами 1 и 2 происходит значительное уменьшение удельной поверхности последней.

Намного более низкое значение удельной поверхности образцов, модифицированных составами 1 и 2, по сравнению с образцами немодифицированной древесины, можно объяснить тем, что моно- и диэтиламин ( $N \rightarrow B$ )-бораты, проникая вглубь капилляров, (химически взаимодействуя с гидроксильными группами лигно-углеводного комплекса древесины), значительно уменьшают их сечение.

**Результаты испытаний контрольных образцов и образцов модифицированной древесины**

Контроль		Древесина, модифицированная составом 1		Древесина, модифицированная составом 2	
№ образца	Вид разрушения	№ образца	Вид разрушения	№ образца	Вид разрушения
1	адгезионный	1	когезионный	1	смешанный
2	адгезионный	2	когезионный	2	когезионный
3	смешанный	3	когезионный	3	когезионный
4	адгезионный	4	когезионный	4	когезионный
5	адгезионный	5	когезионный	5	смешанный
6	адгезионный	6	когезионный	6	когезионный
7	смешанный	7	когезионный	7	смешанный
8	смешанный	8	когезионный	8	когезионный
9	адгезионный	9	когезионный	9	когезионный
10	адгезионный	10	когезионный	10	когезионный

Об увеличении полярности поверхности древесины при модифицировании составами 1 и 2 мы судили по краевому углу смачивания водой и ЛКМ. Интересно отметить, что капли воды, нанесенные на поверхность немодифицированной древесины, сохраняли очертания в течение длительного периода, хотя краевой угол смачивания в этом случае был меньше 90°. Капли воды, нанесенные на поверхность древесины, модифицированной составами 1 и 2, тут же растекаются в обоих случаях, что свидетельствует об увеличении полярности поверхности древесины.

Тем не менее, водопоглощение ( $W$ , %) модифицированной древесины значительно меньше (~ в 2 раза) водопоглощения немодифицированной, рис. 2, что вполне соотносится с приведенными выше данными по удельной поверхности древесины и является еще одним подтверждением факта химического взаимодействия модификаторов и подложки.

Образцы модифицированной древесины и контрольные образцы покрывали одним слоем краски ПФ-115 и высушивали в течение 24 часов. Определение адгезии проводили методом одномоментного отрыва цилиндра, ГОСТ 27325-87. В соответствии с ГОСТом 27325-87 выделяют следующие виды разрушений: адгезионный – при котором разрушение происходит по границе раздела материала; когезионный – при котором разрушение происходит по одному из материалов; смешанный – представляет совмещение

адгезионного и когезионного видов разрушений. При условии высокой адгезии ЛКМ к древесине сосны наблюдается когезионное разрушение самой древесины, т.к. энергия связи между молекулами внутри древесного композита в этом случае меньше энергии связи ЛКМ и подложки. Результаты испытаний представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что для немодифицированной древесины характерен адгезионный вид разрушения по границе раздела лакокрасочное покрытие–древесина, а для модифицированной – когезионный. Таким образом, величина адгезии лакокрасочного покрытия к модифицированной древесине сосны выше сил межмолекулярного взаимодействия компонентов древесины, об этом свидетельствует преобладающий когезионный вид разрушения.

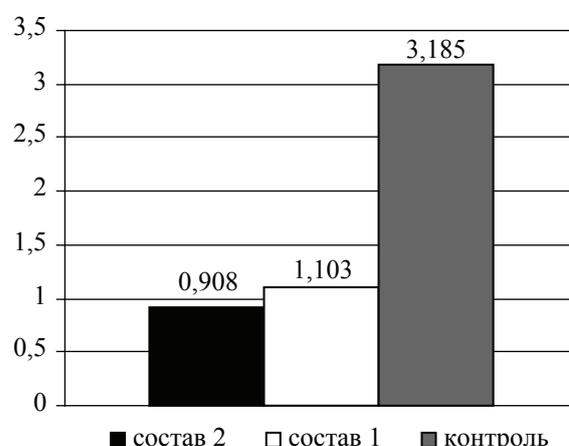


Рис. 1. Удельная поверхность, м²/г модифицированной древесины и контрольных образцов

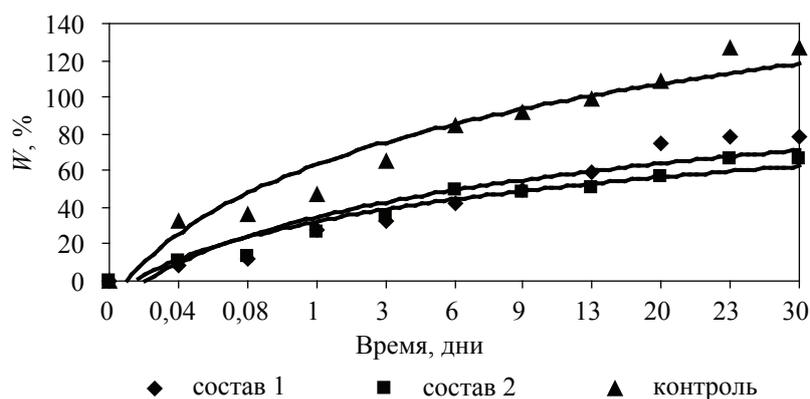


Рис. 2. Водопоглощение модифицированной древесины и контрольных образцов

Т а б л и ц а 2

**Краевой угол смачивания лакокрасочным материалом**

Вид поверхности древесины	cosθ
Немодифицированная	0,9285
Модифицированная составом 1	0,9637
Модифицированная составом 2	0,9637

Величина адгезии в соответствии с ГОСТом 27325-87 рассчитывалась по формуле

$$\sigma_A = P / S_o;$$

где  $\sigma_A$  – величина адгезии, МПа;

$P$  – величина разрушающей нагрузки, Н;

$S_o$  – площадь отрыва, мм<sup>2</sup>.

Среднее рассчитанное значение  $\sigma_A$  для немодифицированной древесины составляет 2,782931 МПа. К сожалению, рассчитать величину адгезии ЛКМ к модифицированной древесине в нашем случае не удалось, т.к. здесь налицо другой тип разрушений – когезионный.

Однако, согласно [6, 7], был измерен краевой угол смачивания лакокрасочным материалом поверхности модифицированной и немодифицированной древесины. Результаты измерений представлены в табл. 2.

cosθ характеризует смачиваемость поверхности. Из табл. 2 видно, что при модифицировании смачиваемость древесины увеличивается. Смачиваемость (cosθ) связана с равновесной работой адгезии ( $W_a$ ) уравнением [3]

$$W_a = \sigma(1 + \cos\theta);$$

где  $\sigma$  – поверхностное натяжение жидкости.

Тогда отношение  $W_a$  модифицированной древесины к  $W_a$  немодифицированной в обоих случаях составляет 1,02 – равновесная

работа адгезии при модифицировании увеличивается всего на 2 %. Таким образом, вклад смачиваемости поверхности в адгезионную прочность покрытия невелик и играет важную роль только на этапе формирования покрытия.

Из полученных экспериментальных данных можно сделать следующие выводы. Модифицирование поверхности древесины разработанными составами увеличивает ее полярность, уменьшает удельную поверхность и снижает в два раза водопоглощение древесины. При этом улучшается смачиваемость поверхности и увеличивается адгезионная прочность покрытий из ЛКМ, что является результатом проявления межмолекулярных сил взаимодействия. Последнее обеспечивает увеличение срока службы лакокрасочных покрытий.

**Библиографический список**

1. Яковлев, А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий / А.Д. Яковлев. – Л.: Химия, 1989.
2. Адгезионная способность пленок / А.А. Углов, Л.М. Анищенко, С.Е. Кузнецов. – М.: Радио и связь, 1987.
3. Санаев, В.Г. Древесиноведение в системе лесного хозяйства / В.Г. Санаев. – М.: МГУЛ, 2007. – 180 с.
4. Зимон, А.Д. Адгезия жидкости и смачивание / А.Д. Зимон. – М.: «Химия», 1974.
5. Грег, С. Адсорбция, удельная поверхность, пористость / С. Грег, К. Синг. – М.: Мир, 1970.
6. Рабек, Я. Экспериментальные методы в химии полимеров: в 2-х частях. пер. с англ. / Я. Рабек. – М.: Мир, 1983.
7. M. Chaudhury Surfaces, chemistry and applications. Amsterdam: Elsevier, 2002.
8. D. A. Dillard The Mechanics of adhesion. Amsterdam: Elsevier, 2002.

## АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ СМЕСИ ДЛЯ ОПИЛКОБЕТОНА НА ОСНОВАНИИ МНОГОФАКТОРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Ф.В. ПОШАРНИКОВ, *проф. каф. технологии и оборудования лесопромышленного производства ВГЛТА, д-р техн. наук,*

М.В. ФИЛИЧКИНА, *асп. каф. технологии и оборудования лесопромышленного производства ВГЛТА*

*tolp@vglta.vrn.ru; mouse32@yandex.ru*

На лесоперерабатывающих и деревообрабатывающих предприятиях лесного комплекса в процессе работы образуется большое количество отходов и наименее из них реализованными являются опилки. В то же время одним из наиболее перспективных и популярных материалов для строительства в Европе и США является опилкобетон, который в СССР начал применяться еще с 60-х годов 20 века. Многолетняя эксплуатация зданий из опилкобетона позволяет судить о долговечности этого материала, его высоких экологических и энергосберегающих свойствах. Наиболее широко опилкобетон может быть использован в малоэтажном строительстве, он выгодно отличается облегченной структурой в сочетании с экологичностью и хорошей теплоизоляцией.

Опилкобетон может найти широкое применение как стеновой материала для наружных стен, внутренних капитальных и перегородок. Поскольку к этим стенам предъявляются различные требования по прочности и теплопроводности, то целесообразно изготавливать изделия из опилкобетона также с различными свойствами, тем более что это напрямую связано с его стоимостью.

С небольшим содержанием цемента в смеси, а следовательно, и более дешевые изделия можно использовать, например, для перегородок и других малонагруженных конструкций. К тому же вследствие большого содержания в изделиях опилок эти стены будут обладать хорошими теплоизоляционными свойствами и, имея крупнопористую структуру, этот материал позволит свести к минимуму расход энергии на обогрев и вентиляцию сооружений и тем самым обеспечить хороший воздухообмен. Для наружных стен зданий и несущих внутренних капи-

тальных стен требуются изделия более прочные, поэтому в смесь вводится большое количество цемента и соответственно меньше опилок.

Таким образом, варьируя содержание в смеси цемента и опилок, можно получать изделия различного назначения и способствовать минимизации затрат на производство опилкобетона.

На кафедре технологии и оборудования лесопромышленного производства ВГЛТА были проведены исследования по определению оптимального состава смеси, прочностные свойства которой регулировались за счет соотношения цемента, взятого в качестве вяжущего, и опилок как наполнителя. В качестве нейтрализатора вредных для кристаллизации цемента выделений из опилок использовалось жидкое стекло, а в качестве ускорителя отверждения цемента – сернокислый алюминий.

В основе количественного формирования смесей из указанных компонентов было принято такое условие, которое определяло назначение строительных изделий, изготавливаемых из предлагаемых смесей. Имеется в виду, что в строительных конструкциях предъявляются различные требования к стенам, для которых планируется использовать опилкобетон в виде блоков.

Были изготовлены опытные образцы изделий из опилкобетона, для чего использовались стандартные спаренные металлические контейнеры с размером полости 100 Ч 100 Ч 100 мм (рис. 1) При изготовлении опытных образцов использовались бетономешалка, вибростол, электронные весы и другое лабораторное оборудование. Испытание образцов на прочность проводились на стенде с тарировочным устройством.

**Факторы варьирования и их уровни**

Наименование компонента смеси	Фактор		Уровни фактора			Интервал варьирования
	Обозначение		верхний	нижний	основной	
	натуральное	кодированное				
Цемент, %	$M_{ц}$	$x_1$	80	20	50	30
Жидкое стекло, %	$M_{ж}$	$x_2$	14	6	10	4
Сернокислый алюминий, %	$M_{с}$	$x_3$	1,8	1,2	1,5	0,30

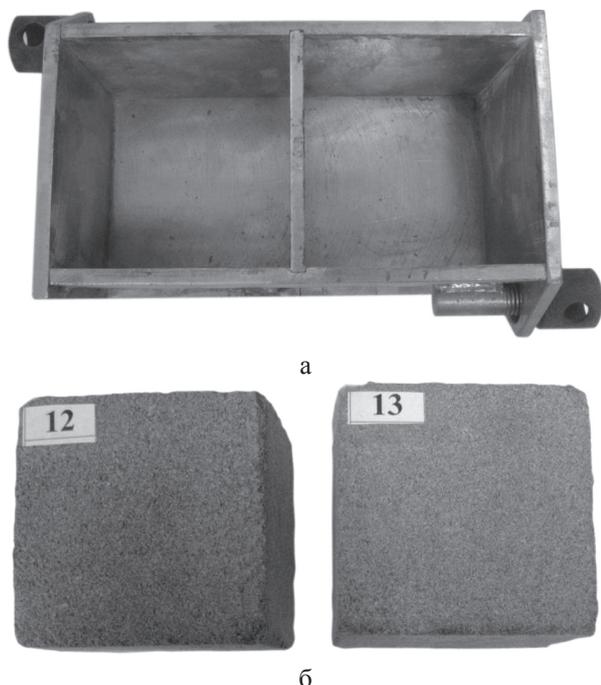


Рис. 1. а) общий вид контейнеров; б) лабораторные образцы из опилкобетона

Для выбора требуемого сочетания компонентов смеси был проведено планирование многофакторного эксперимента.

В качестве варьируемых факторов были приняты следующие:

$M_{ц}$  – масса цемента в % к общей массе смеси  $M_{см}$ ;

$M_{оп}$  – масса опилок в % к  $M_{см}$ ;

$M_{н}$  – масса нейтрализатора вредных выделений из опилок в % к массе опилок  $M_{оп}$ ;

$M_{ус}$  – масса ускорителя кристаллизации цемента в % к массе цемента  $M_{ц}$ ;

Выходным параметром процесса был принят предел прочности на сжатие  $\sigma_{сж}$ .

Значения верхних, нижних и основных уровней факторов, а также их интервалы варьирования приведены в табл. 1.

Масса опилок тоже варьировалась соответственно массе цемента: цемента боль-

ше или меньше, соответственно меньше или больше опилок в смеси определенной массы, т.е. между массой цемента и массой опилок была жесткая коррелируемая связь.

Анализ используемых рецептов смесей для опилкобетона позволил установить, что для внутренних перегородок можно использовать стеновые блоки со сравнительно небольшой прочностью (марки опилкобетона М5, М10 с пределом прочности на сжатие  $\sigma_{сж} = 0,5...1$  МПа), поэтому нижний предел для массы цемента был установлен минимальным 20 %. С учетом получения более прочного материала, например для наружных стен, максимальное процентное содержание цемента в смеси было принято до 80 % (по массе).

Процентное содержание в смеси по массе жидкого стекла было принято в опытах от 6 до 14 % относительно массы опилок  $M_{оп}$ , а сернокислого алюминия от 1,2 до 1,8 % относительно массы цемента  $M_{ц}$ .

Нормализованное значение факторов связано с натуральным соотношением

$$x_i = (X_i - X_i^0) / \Delta_i,$$

где  $x_i$  – нормализованное значение фактора;

$X_i$  – натуральное значение фактора;

$X_i^0$  – основной уровень фактора  $X_i$ ;

$\Delta_i$  – интервал варьирования фактора  $X_i$ ;

Формулы, связывающие нормализованные натуральные значения факторов, имеют вид

$$x_1 \rightarrow (1 / 30)x_1 - 5 / 3; x_2 \rightarrow (1 / 4)x_2 - 5 / 2; x_3 \rightarrow 3,33x_3 - 5.$$

Для проверки гипотезы о нормальном распределении выходной величины была поставлена отдельная серия из 8 опытов  $x_1 = 20, x_2 = 6, x_3 = 1,2$ .

Число повторений 5, уровень значимости 0,05.

Т а б л и ц а 2

Матрица планирования полнофакторного эксперимента

№ опыта	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1x_2$	$x_1x_3$	$x_2x_3$	$x_1x_2x_3$	$y_{cp}$
1	20	6	1,2	120	24	7,2	144	0,548
2	80	6	1,2	480	96	7,2	576	5,742
3	20	14	1,2	280	24	16,8	336	0,679
4	80	14	1,2	1120	96	16,8	1344	6,802
5	20	6	1,8	120	36	10,8	216	0,77
6	80	6	1,8	480	144	10,8	864	7,282
7	20	14	1,8	280	36	25,2	504	0,748
8	80	14	1,8	1120	144	25,2	2016	7,3

Т а б л и ц а 3

Прочность образцов из опилкобетона

Масса сернокислого алюминия $M_{yc}$ в % от цемента $M_{ц}$	Масса жидкого стекла $M_{ж}$ в % от массы опилок $M_{оп}$	Масса цемента $M_{ц}$ в % от массы смеси $M_{см}$		
		20	50	80
1,2	10	0,51	3,51	5,72
1,5	10	0,69	5,48	6,98
1,8	10	0,71	5,51	7,18
1,5	6	0,45	4,61	4,73
1,5	10	0,69	5,48	6,98
1,5	14	0,72	5,49	7,22

Матрица полнофакторного планирования эксперимента третьего порядка в нормализованных обозначениях факторов приведена в табл. 2.

По полученным результатам эксперимента математическую модель процесса будем искать в виде уравнения множественной регрессии третьего порядка

$$\bar{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3.$$

Проверяем однородность дисперсии в опытах и определяем дисперсии отклика.

Для каждой строки матрицы вычисляем дисперсию по формуле

$$y_{disj} = \frac{\sum_{m=0}^{M-1} (y_{jm} - y_{cpj})^2}{M-1},$$

где  $y_{disj}$  – дисперсия в параллельных опытах;

$y_{jm}$  – значение откликов в параллельных опытах;

$y_{cpj}$  – среднее значение откликов в параллельных опытах;

$j$  – номер опыта (строки в матрице),

$M$  – число параллельных опытов.

Однородность дисперсии обычно оценивается по критерию Корхена. Для этого определяется отношение наибольшей дисперсии к сумме всех дисперсий

$$G = \frac{S_{max}}{\sum_{j=0}^{N-1} y_{disj}}.$$

Расчетное значение критерия Корхена  $G_p = 0,405$ . Коэффициент из матрицы значений критерия Корхена для значимости  $Q = 0,05$  имеет табличное значение  $G_T = 0,518$ . Расчетные значения  $G_p < G_T$ , дисперсии являются однородными. После того как мы установили однородность дисперсии в опытах, можно определять дисперсию отклика по формуле

$$S_y = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} y_{disn}}{N}; S_y = 0,081.$$

После этого можно определить коэффициенты уравнения регрессии по формулам

$$b_0 = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} y_{cpn}}{N}; b_j = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} (y_{cpj-1} \cdot x_{j-1})}{N},$$

где  $b_0$  – свободный член уравнения;

$b_j$  – коэффициенты при факторах.

Проверку значимости (статистического отличия от нуля) коэффициентов уравнения регрессии удобно проводить построением критической области:

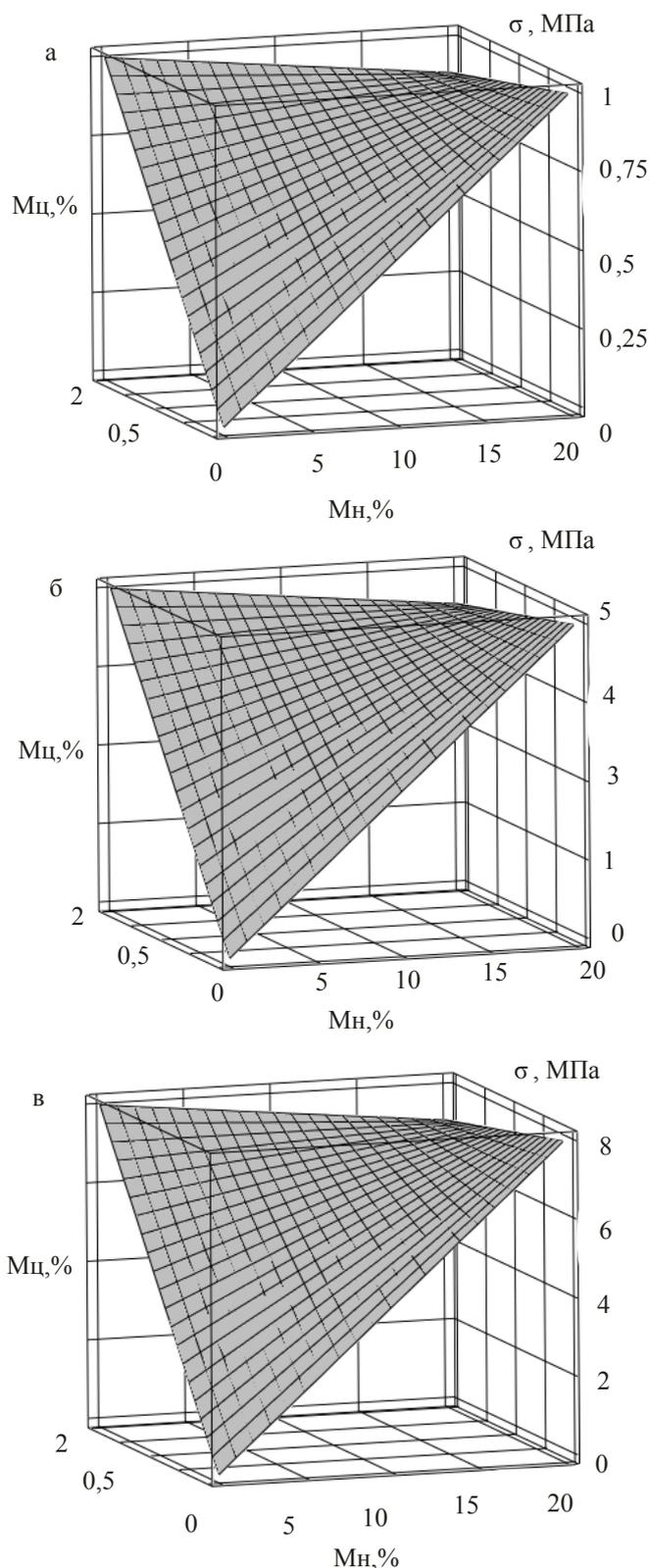


Рис. 2. Зависимость предела прочности опытных образцов из опилкобетона  $\sigma_{сж}$  от содержания в смеси ускорителя отвердевания цемента – сернокислого алюминия  $M_{ц}$  по массе в % от массы цемента,  $M_{ц}$  и нейтрализатора вредных ядов жидкого стекла,  $M_{н}$  по массе в % от массы опилок,  $M_{оп}$  для различного содержания в смеси,  $M_{ц}$ : а –  $M_{ц} = 20\%$ ; б –  $50\%$ ; в –  $80\%$

После расчета коэффициентов регрессии будет иметь вид

$$y_1(x_1, x_2, x_3) = 3,734 + 3,048x_1 + 0,148x_2 + 0,291x_3 + 0,121x_1x_2 + 0,218x_1x_3 + (-0,149)x_2x_3 - 0,111x_1x_2x_3.$$

Проверка адекватности модели выполняется следующим образом

$$y_{диспад} = M \frac{\sum_{j=0}^{N-1} (y_{cp} - y_{ff})^2}{N - m},$$

где  $y_{ff}$  – значение функции отклика.

$$y_{диспад} = 3,759.$$

Для проверки гипотезы адекватности можно использовать критерий Фишера при степенях свободы

$$F_1 = N - m = 3;$$

$$F_2 = N(M - 1) = 32,$$

используя формулу

$$F_p = y_{диспад} / S_y.$$

Полученное значение критерия Фишера равно  $F_p = 0,89$ , Так как расчетное значение критерия Фишера не превышает табличное значение  $F_T = 1$ , то уравнение регрессии адекватно.

Прочность опытных образцов из опилкобетона, МПа приведена в табл. 3.

На основании данных табл. 3 были построены пространственные графики зависимостей предела прочности опытных образцов на сжатии  $\sigma_{сж}$  от содержания ускорителя отвердевания цемента сернокислого алюминия по массе,  $M_{ц}$  в % от массы  $M_{ц}$  нейтрализатора ядов жидкого стекла по массе,  $M_{н}$  в % от массы опилок  $M_{оп}$

Анализ данных табл. 3 и графика на рис. 1 показывает, что для любого содержания цемента в смеси существует некоторое оптимальное содержание добавок в виде ускорителя отвердевания цемента (сернокислый алюминий) и нейтрализатора вредных ядов древесных опилок (жидкое стекло), которое оказывает наиболее эффективное действие на обеспечение требуемой прочности опилкобетона для сернокислого алюминия 1,5 % от массы цемента, а для жидкого стекла 10 % от массы опилок. Меньшие значения не позволяют эффективно действовать на смешение – предел прочности на сжатие снижается. Следует отметить, что влияние добавок

существенно не зависит от относительного содержания цемента в смеси и отличается на 6–11 % при содержании цемента в смеси от 20 до 80 %. В то же время влияние добавок весьма существенно, причем влияние нейтрализатора вредных ядов более явно выражено, чем ускорителя отвердевания цемента. Так, прочность опилкобетона уменьшается при недостаточном количестве жидкого стекла на 36–38 %, а при недостаточном количестве серноокислого алюминия на 16–29 %.

Таким образом, проведенные исследования показали, что за счет правильного регулирования добавок в смеси опилкобетона, влияющих на прочность отвердевания цемента и его адсорбцию с опилками, можно получать опилкобетон с заданными свойствами по прочности для строительных изделий различного назначения.

### Библиографический список

1. Мурзин, В.С. Технология композиционных материалов и изделий: учеб. пособие / В.С. Мурзин. – Воронеж: ВГЛТА, 1999. – 106 с.
2. Производство и применение арболита: учеб. / Под ред. С.М. Хасдана. – М.: Лесная пром-сть, 1981. – 216 с.
3. Борвонов, В.А. Технология стеновых изделий для малоэтажных зданий на основе арболита и вторичных продуктов производства: автореф. дис. ... к-та техн. наук: 05.23.05. / В.А. Борвонов. – Минск, 2004. – 17 с.
4. Никишов, В.Д. Комплексное использование древесины: учеб. / В.Д. Никишов – М.: Лесная пром-сть, 1985. – 264 с.
5. Пижурин, А.А. Исследование процессов деревообработки: учеб. / А.А. Пижурин, М.С Розенблит. – М.: Лесная пром-сть, 1984. – 231 с.
6. Пошарников, Ф.В. Моделирование и оптимизация процессов в лесном комплексе / Ф.В. Пошарников. – Воронеж: ВГЛТА, 2002. – 270 с.

## ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ РАЗЛИЧНОГО ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ВОЗРАСТА

Б.Б. СЕРКОВ, *проф., нач. УНК проблем пожарной безопасности в строительстве Академии ГПС МЧС России, д-р техн. наук, акад. НАНПБ,*

А.Б. СИВЕНКОВ, *доц., зам. нач. УНК проблем пожарной безопасности в строительстве Академии ГПС МЧС России, канд. техн. наук,*

Р.В. ДЕГТЯРЕВ, *адъюнкт Академии ГПС МЧС России,*

Н.И. ТАРАСОВ, *адъюнкт Академии ГПС МЧС России*

*serkov@antip.ru, sivenkov01@mail.ru*

Древесина – ценнейший природный материал, применяемый во многих отраслях промышленности и строительной индустрии. Широкое использование человечеством древесины с древних времен, в большей степени в качестве строительного материала, определяется относительно высокими физико-механическими эксплуатационными показателями этого воспроизводимого природой растительного материала.

На всем протяжении генетического развития древесной субстанции, в результате многомиллионной эволюции, происходило изменение внешнего вида, строения, свойств различных пород древесины. При формировании комплекса признаков отдельных древесных популяций определяющую роль имели различные биотические и абиотические факторы.

Условно исторические возрастные формы древесины можно разделить на три группы: генетический возраст, биологический возраст и эксплуатационный возраст.

Наибольшей продолжительностью обладает генетический возраст, в процессе которого происходили изменения древесной субстанции на генетическом уровне под воздействием масштабных природных географических и климатических изменений, техногенных катастроф и т.д.

Биологический возраст обусловлен временным произрастанием отдельных популяций в определенных климатогеографических условиях.

Эксплуатационный возраст характеризуется временем использования древесины в качестве ответственного элемента деревян-

ных конструкций, отделочных и облицовочных материалов в различных температурно-влажностных условиях эксплуатации.

Полиморфные изменения в отдельной популяции свойственны в случаях произрастания древесных пород в различных географических зонах. Наиболее значительные отличия связаны с изменением элементного и химического состава, структуры и объемной массы древесного комплекса.

В настоящее время четкая взаимосвязь между условиями эксплуатации древесины с химическим и элементным составом не установлена. Имеются отдельные результаты исследований, связанные со сравнительным анализом вышеуказанных физико-химических параметров различных пород древесины в зависимости от климатогеографических зон их произрастания. Использование данных результатов имеет ценное практическое значение, например, для производства материалов на основе древесины и целлюлозы.

Изменение химического и элементного состава древесины наблюдается в следующих наиболее распространенных случаях:

1. Применение различных пород древесины или древесины одного ботанического вида, но отличающихся климатогеографическими условиями произрастания.

2. Старение древесины во время ее эксплуатации в результате фотохимической, гидролитической, термической и других видов деструкции.

Исходя из этих соображений изменение термической стабильности древесины во времени является очевидным. В мировой и отечественной практике неоднократно проводились исследования с целью установления зависимости кинетических параметров терморазложения древесины от времени ее эксплуатации. Так, в работе [1] было установлено, что процессы старения, происходящие в древесине, во многом определяют ее термическую стабильность. Полученные данные свидетельствуют о том, что наименьшая термоустойчивость древесины наблюдается в первые сто лет и через 300 лет ее эксплуатации. В данной работе автором высказано предположение, что в указанные временные

периоды древесина является наиболее пожароопасной. Установлено, что в периоды времени 150–200 лет значительно возрастают энергия активации и энтропия активации, т.е. любые химические процессы, в том числе и термодеструкция, затрудняются [1].

Однако как и насколько количественно изменяется характер протекания процесса термоокислительной деструкции древесины различных пород с возрастом при воздействии различных условий эксплуатации остается неопределенным.

Целью настоящей работы является выявление общих закономерностей изменения характера и особенностей термоокислительной деструкции хвойных и лиственных пород древесины в зависимости от эксплуатационного возраста.

В работе была принята следующая научная концепция: влияние химического и элементного состава древесины на пожарную опасность должно быть взаимосвязано с макрокинетическими закономерностями и механизмом термического разложения материалов, термохимией протекающих при горении процессов, а также с условиями теплового воздействия, которые влияют на процесс тепло- и массопереноса при горении древесных материалов. Для изучения влияния вышеуказанных факторов на термоокислительную способность и пожароопасность древесины последующие исследования должны быть проведены в соответствии с принятой научной концепцией.

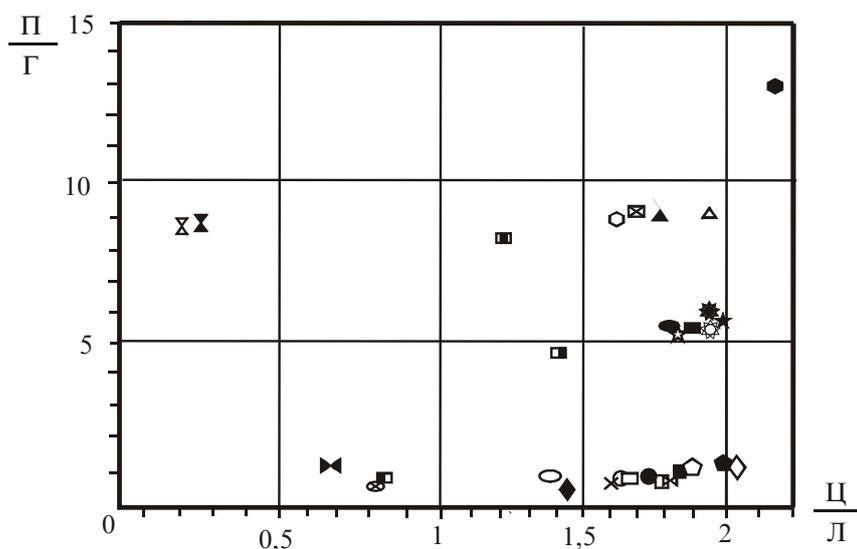
В качестве объекта исследования в работе была взята древесина хвойных (ель, сосна) и лиственных разновидностей (дуб, береза) умеренного континентального климатического пояса, состаренная в естественных или искусственных условиях до определенного возраста.

В работе были выбраны следующие условия искусственного старения древесины: кондиционирование образцов проводилось при температуре ( $t$ ) 45–65 °С продолжительностью 7 суток до постоянной влажности. Далее осуществляли их прогрев в течение 10 часов при  $t = 160$  °С и после этого вымачивание в 10 % водном растворе пероксида водорода продолжительностью 12–14 часов.

Химический состав древесины различных пород

Порода древесины	Лигнин, %	Целлюлоза, %	Лигнин <sup>с</sup> , %	Целлюлоза <sup>с</sup> , %	% влажности
Дуб	29,6	41,0	26,98	32,4	10
Сосна	27,5	43,3	36,37	30,3	12
Ель	28,6	44,2	36,1	29,8	12
Береза	21,0	41,0	21,22	29,7	11

\* индекс «с» означает, что древесина является искусственно состаренной.



- × – ель обыкновенная (Ленинградская обл.)
- – ель обыкновенная (Сибирский регион)
- – пихта (Ленинградская обл.)
- – сосна обыкновенная (Сибирский регион)
- – сосна обыкновенная (Ленинградская обл.)
- ◇ – сосна обыкновенная (Новгород)
- ◆ – ваншам (Вьетнам)
- ◇ – тхонгкарибэ (Вьетнам)
- – пихта (Сибирский регион)
- ◆ – лиственница сибирская (Сибирский регион)
- – бачдан (Вьетнам)
- ★ – береза каменная (Сибирский регион)
- ✱ – кео тай тыонь (Вьетнам)
- ✱ – кео тай тыонь (Вьетнам)
- ★ – осина (Сибирский регион)
- – дуб (Ленинградская обл.)
- ▲ – береза белая (Новгород)
- △ – береза белая (Ленинградская обл.)
- – осина (Ленинградская обл.)
- ✱ – сосна (XII век Новгород)
- ✱ – береза белая (XII век Новгород)
- ✱ – ясень (XII век Новгород)
- ✱ – сосна обыкновенная (Московская обл.)
- – ель обыкновенная (Московская обл.)
- – береза каменная (Московская обл.)
- – дуб (Московская обл.)
- – дублет 50–80 (Московская обл.)
- – береза 50–80 лет (Московская обл.)
- – сосна обыкновенная 100–150 лет (Московская обл.)
- – ель обыкновенная 100–150 лет (Московская обл.)

Рис. 1. Зависимость соотношения целлюлозы и лигнина (Ц/Л) к соотношению пентозанов и гексозанов (П/Г)

Оценка химического состава древесины различных пород проводилась с использованием известных методик: целлюлозы – методом Кюршнера и Хоффера без поправки на осадочные пентозаны; лигнина – методом Комарова [2].

Для исследования особенностей термоокислительной деструкции различных пород древесины, а также углистого остатка использовалась автоматизированная модульная термоаналитическая система TGA/DSC1. Для

определения кинетических закономерностей разложения древесины при тепловом воздействии образцы готовили в виде навесок, высушенных до постоянного веса. Навеска образцов изменялась в пределах 1,0–8,5 мг. Термические исследования на термовесах проводились в атмосфере воздуха при скоростях нагревания 5, 10, 20 °С/мин. Оценка энергии активации ( $E_a$ ) в зависимости от степени превращения ( $\alpha$ ) проводилась с помощью программного модуля «Advanced Model Free Kinetics».

В области химии древесины различаются три основные схемы суммарного анализа компонентов [3]:

1. Экстрактивные вещества; холоцеллюлоза; лигнин (зола).

2. Экстрактивные вещества; лигнин; альфа-целлюлоза; гемицеллюлоза; ацетильные группы (зола).

3. Экстрактивные вещества; лигнин; глюкан (включая целлюлозу); маннан; галактан; ксилан; арабинан; уроновый ангидрид; ацетильные группы (зола).

В настоящей работе при определении химического состава исследуемых пород древесины была использована упрощенная схема, включающая определение содержания целлюлозы и лигнина.

Остаток представлял собой смесь нецеллюлозных полисахаридов и части экстрагируемых веществ. Более точные результаты имеют место в случае, если после определения экстрактивных веществ все последующие анализы проводят на «обессмоленной» древесине.

Результаты оценки химического состава древесины различных пород представлены в таблице. Они свидетельствуют об изменении химического состава древесины при ее искусственном старении. Особенно это отражается на изменении содержания высокомолекулярной составляющей древесины – целлюлозы и ароматической составляющей – лигнина.

В результате полученных данных по старению древесины были выявлены наиболее стойкие породы к воздействию возрастного фактора. Было установлено, что наименьшей степенью подверженности процессам старения обладают лиственные разновидности древесины. Условия проведения старения, использованные в работе, позволили искусственно состарить древесину хвойных пород ориентировочно до 100–150 лет, а лиственных пород – до 50–80 лет.

По результатам теоретического и экспериментального анализа оценки химического состава древесины различных пород и возраста построен массив данных, характеризующий содержание основных химических компонентов в древесине (рис. 1).

В исследовательских целях при искусственном старении древесины, как правило, придерживаются определенного воздействия температуры и окислителей на древесный материал. Так, например [4], известным способом искусственного старения древесины является выдерживание деревянной заготовки (древесина ели) при температурах 110–190 °С, ее осуществляют в течение 10–48 часов, а затем дополнительно обрабатывают заготовку раствором перекиси водорода при концентрации 10–15 % в течение 12–15 часов. Установлено, что указанные условия позволяют получить искусственно состаренную древесину ели, датированную возрастом 250 лет.

Многочисленные попытки применить различные условия для искусственного старения древесины позволили получить массив данных по основным показателям, характеризующим существенные изменения, происходящие в древесине. Несмотря на это, условия естественного старения древесины могут значительно отличаться от условий искусственного старения, поскольку указанные эксплуатационные условия применения древесины имеют большое многообразие вариативных комбинаций. Поэтому при использовании различных условий старения древесины необходимы их четкая фиксация и подробное описание (температурно-влажностные условия, геометрические размеры образцов, тип приборов и оборудования и т.д.).

Термоокислительное разложение древесины является весьма сложным физико-химическим процессом, включающим как химические реакции дегидратации, деполимеризации, карбонизации древесной субстанции в конденсированной фазе, так и физические процессы тепло- и массопередачи.

В настоящей работе был проведен подробный термоокислительный анализ исследуемых пород древесины, а также определены кинетические параметры процесса их термоокислительного разложения.

На рис. 2 представлены результаты термоокислительного анализа различных пород древесины (березы, сосны, дуба и ели) в окислительной среде кислорода воздуха и скорости нагрева 20 °С/мин.

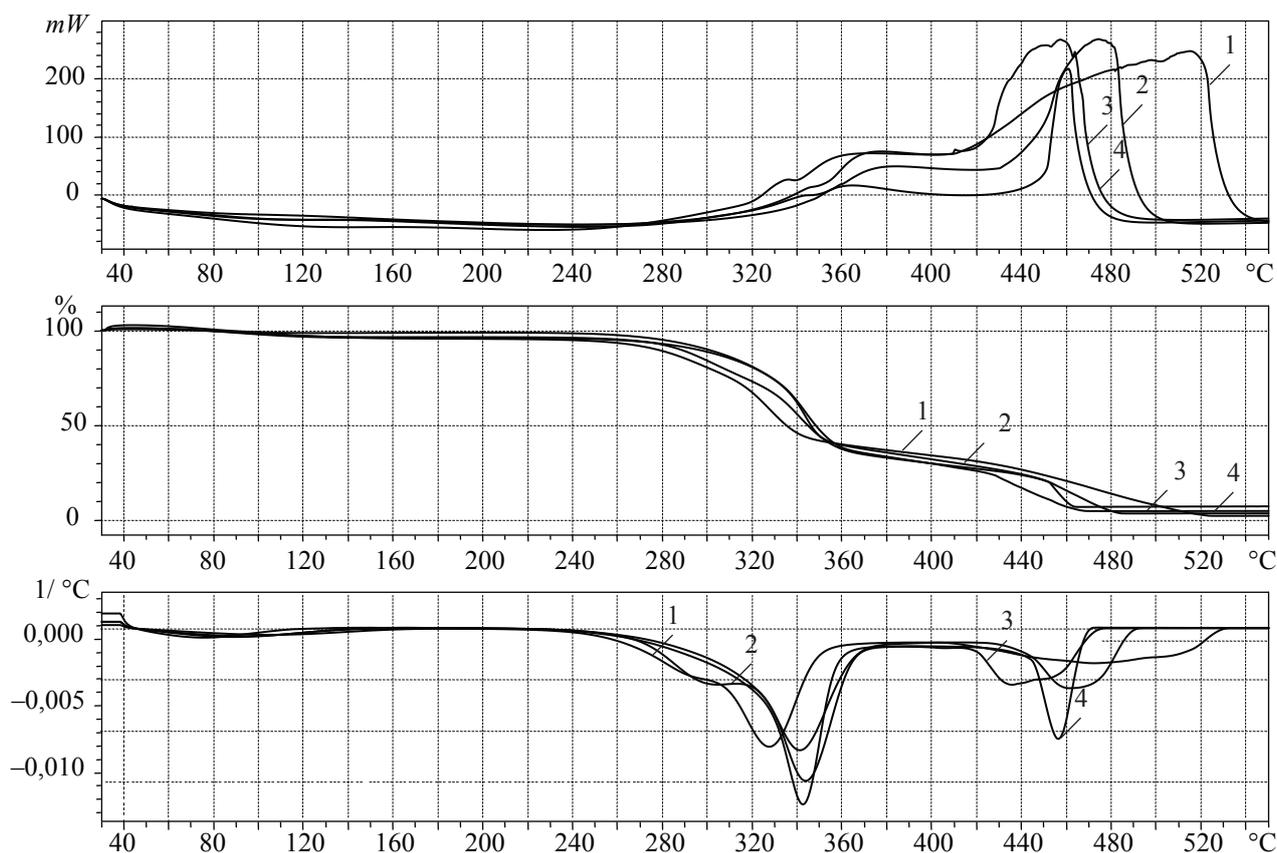


Рис. 2. Результаты разложения (кривые ДСК, ТГ, ДТГ соответственно) древесины различных пород (1 – дуб; 2 – береза; 3 – ель; 4 – сосна) в окислительной среде кислорода воздуха и скорости нагрева 20 °С/мин

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что хвойные породы древесины (сосна и ель) в области температур 320–360 °С имеют более высокие значения скорости разложения древесины по сравнению с лиственными разновидностями. При этом значения максимальной скорости потери массы для хвойных пород (дуб, береза) (кривые ДТГ) проявляются при более высоких температурах, чем для лиственных пород. Так, для древесины ели данная температура составляет 345 °С, а для лиственной породы древесины дуба – 328 °С.

Стадия окислительного процесса углистого слоя (кривые ДСК) для лиственных пород древесины наступает позднее, чем для хвойных пород. При этом продолжительность окислительного процесса и тепловой эффект окисления угля березы и дуба значительно выше, чем у сосны и ели, что говорит об их большей теплотворной способности.

Обращает на себя внимание наличие у древесины лиственных пород скрытого ДТГ пика. Это может служить указанием на

то, что в реакциях разложения на начальной стадии принимают участие наименее термостабильные химические компоненты древесины. Причиной появления данного пика может быть различный состав экстрагентов или принципиальное различие в составе гемицеллюлоз для хвойных и лиственных разновидностей древесины.

В результате естественного и искусственного старения древесины происходит существенное изменение термоокислительной стабильности древесины. Кроме этого, особенности образования углистого слоя, его свойства (окислительные, сорбционные и др.) при термоокислительном разложении древесины во многом будут зависеть от ее химического состава, условий нагревания, а также эксплуатационного возраста древесного материала.

На рис. 3 представлены сравнительные результаты разложения (кривые ТГ, ДТГ, ДСК) древесины дуба различного возраста (естественное и искусственное старение) в окислительной среде кислорода воздуха и скорости нагрева 20 °С/мин.

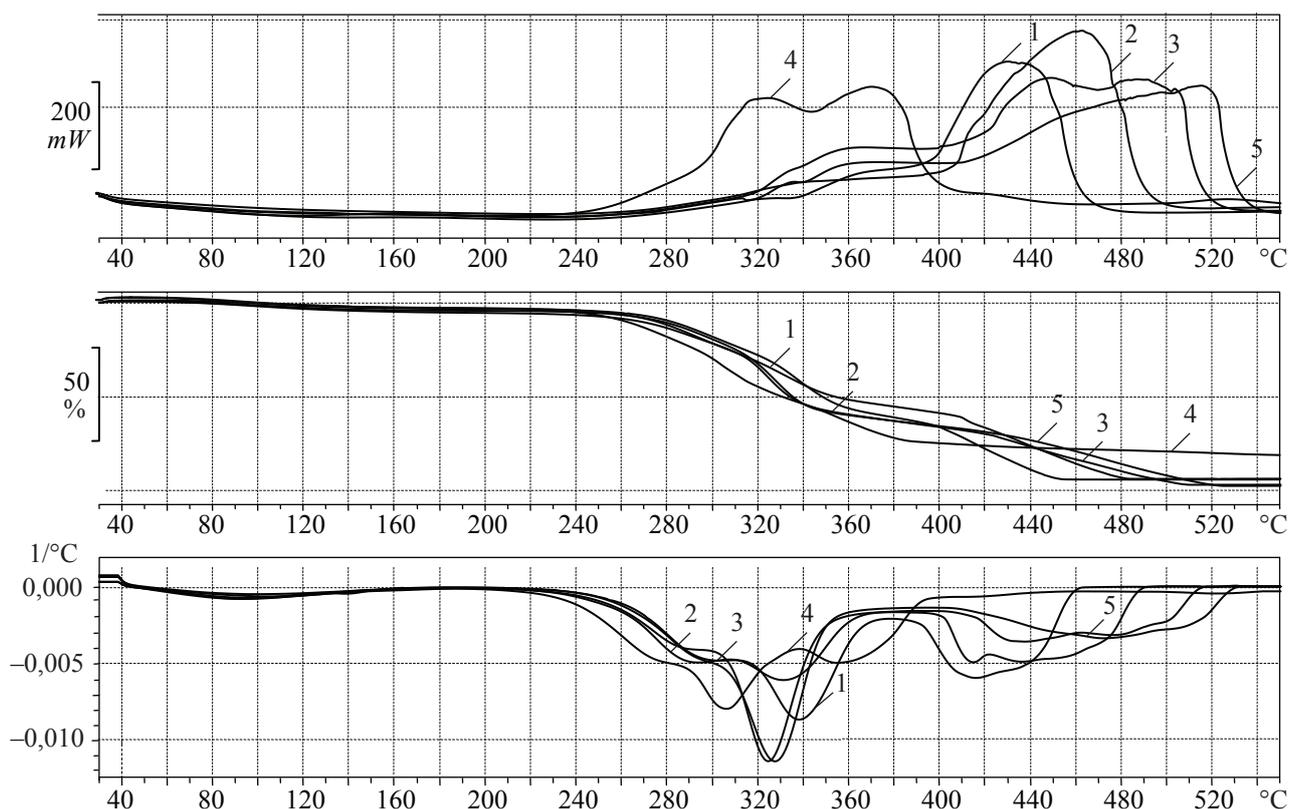


Рис. 3. Результаты термоокислительного разложения (кривые ДСК, ТГ, ДТГ соответственно) древесины дуба: 1 – дуб, 1650 г. (Свято-Троицкая Сергиева Лавра); 2 – дуб, 1901 г.; 3 – дуб, 50-80 лет; 4 – дуб, 1540 г. (Свято-Троицкая Сергиева Лавра); 5 – дуб (современная древесина) в окислительной среде кислорода воздуха и скорости нагрева 20 °С/мин

Результаты, представленные на рис. 3, свидетельствуют о том, что наиболее значительные изменения термоокислительной стабильности древесины дуба произошли в результате ее естественного старения. При этом установлено, чем больше эксплуатационный возраст древесины, тем значительнее изменения. Важной особенностью термоокислительного процесса возрастной древесины является то, что при увеличении возраста происходит облегчение условий протекания процесса окисления углистого слоя. Активное выделение тепла при температурах выше 300–350 °С, по всей видимости, связано с увеличением содержания высокоэнергетической ароматической составляющей лигнина при длительной эксплуатации древесины.

Кроме этого, особенности термоокислительного разложения древесины существенно зависят от динамической скорости нагревания. Результаты термического анализа показывают, что при увеличении скорости нагрева с 5 до 20 °С/мин происходит смещение кривых ТГ и ДТГ в сторону высокой темпера-

туры, при этом увеличивается максимальная скорость разложения исследуемых образцов древесины.

Типичные ТГ и ДТГ кривые образцов лиственной породы древесины дуба и хвойной породы древесины ели в атмосфере воздуха со скоростями 5, 10, 20 °С/мин представлены на рис. 4 и 5.

При рассмотрении особенностей термоокислительного разложения искусственно состаренной древесины можно отметить общие с современной древесиной закономерности термораспада в зависимости от величины скорости нагрева (рис. 6, 7).

Максимальная скорость потери массы (кривые ДТГ) для состаренной древесины незначительно смещается в область более низких температур по сравнению с исходной древесиной. Наиболее значительные изменения в характере кривых ТГ и ДТГ наблюдаются в области температур 400–500 °С. В этой области происходит активное протекание окислительного процесса углистого слоя древесных пород.

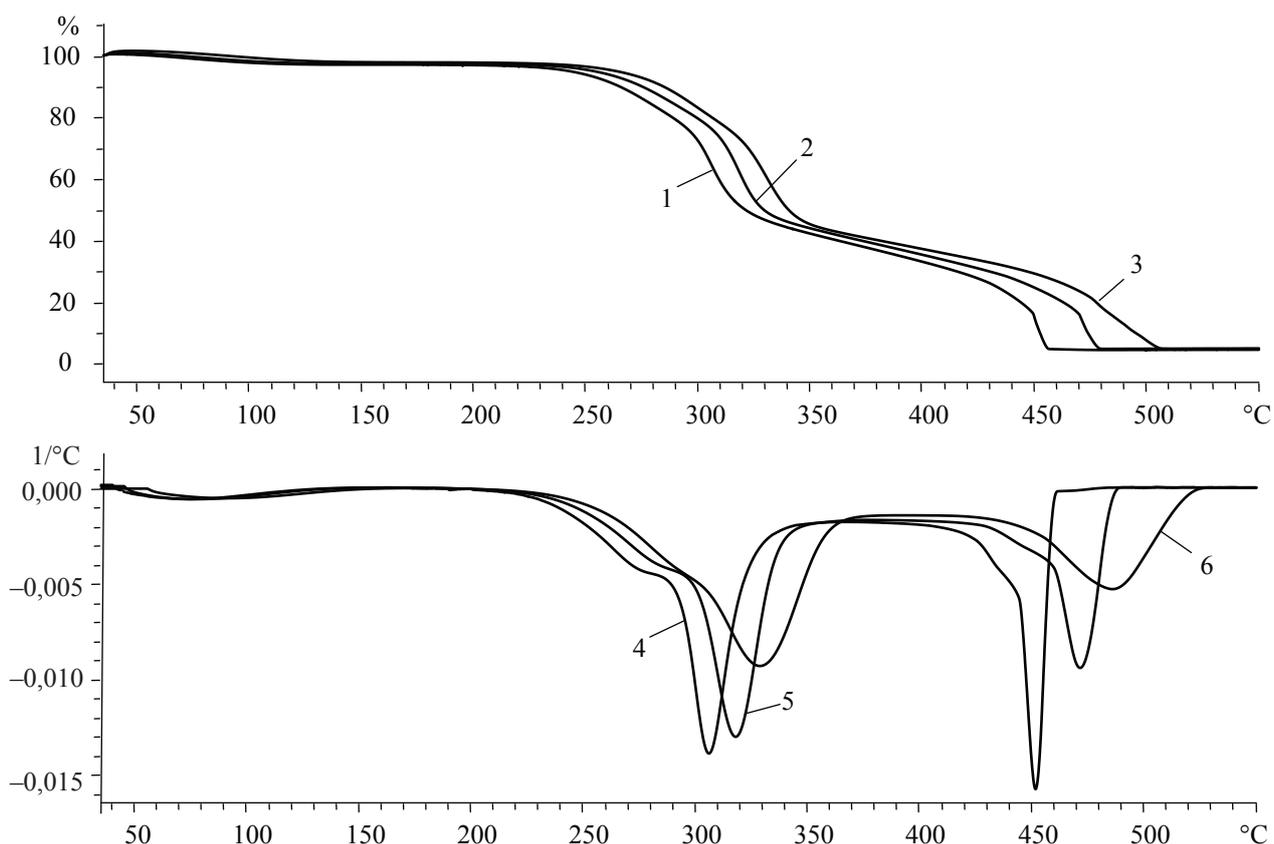


Рис. 4. ТГ (1, 2, 3) и ДТГ (4, 5, 6) кривые образцов древесины дуба в атмосфере воздуха: 1, 4 – скорость нагревания 5 °С/мин; 2, 5 – скорость нагревания 10 °С/мин; 3, 6 – скорость нагревания 20 °С/мин

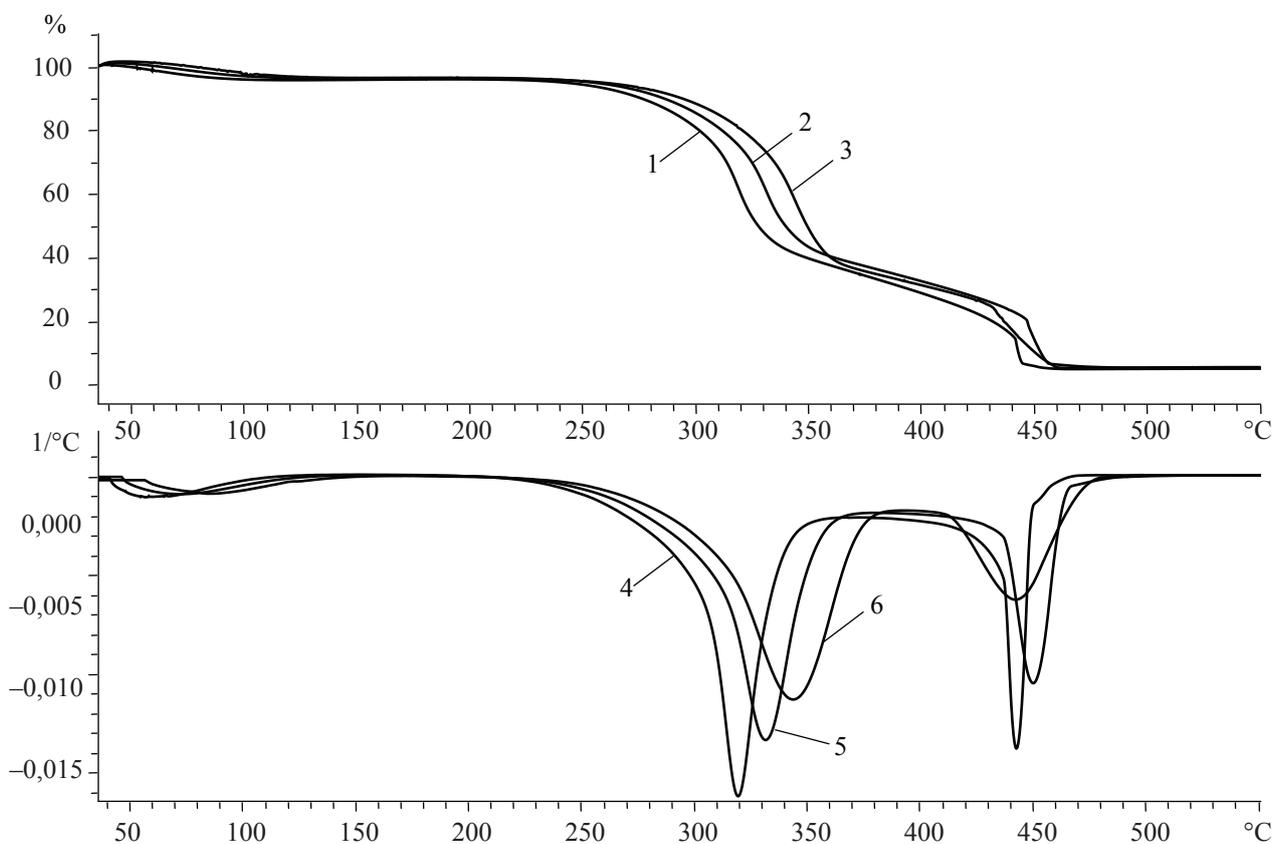


Рис. 5. ТГ (1, 2, 3) и ДТГ (4, 5, 6) кривые образцов древесины ели в атмосфере воздуха: 1, 4 – скорость нагревания 5 °С /мин; 2, 5 – скорость нагревания 10 °С /мин; 3, 6 – скорость нагревания 20 °С /мин

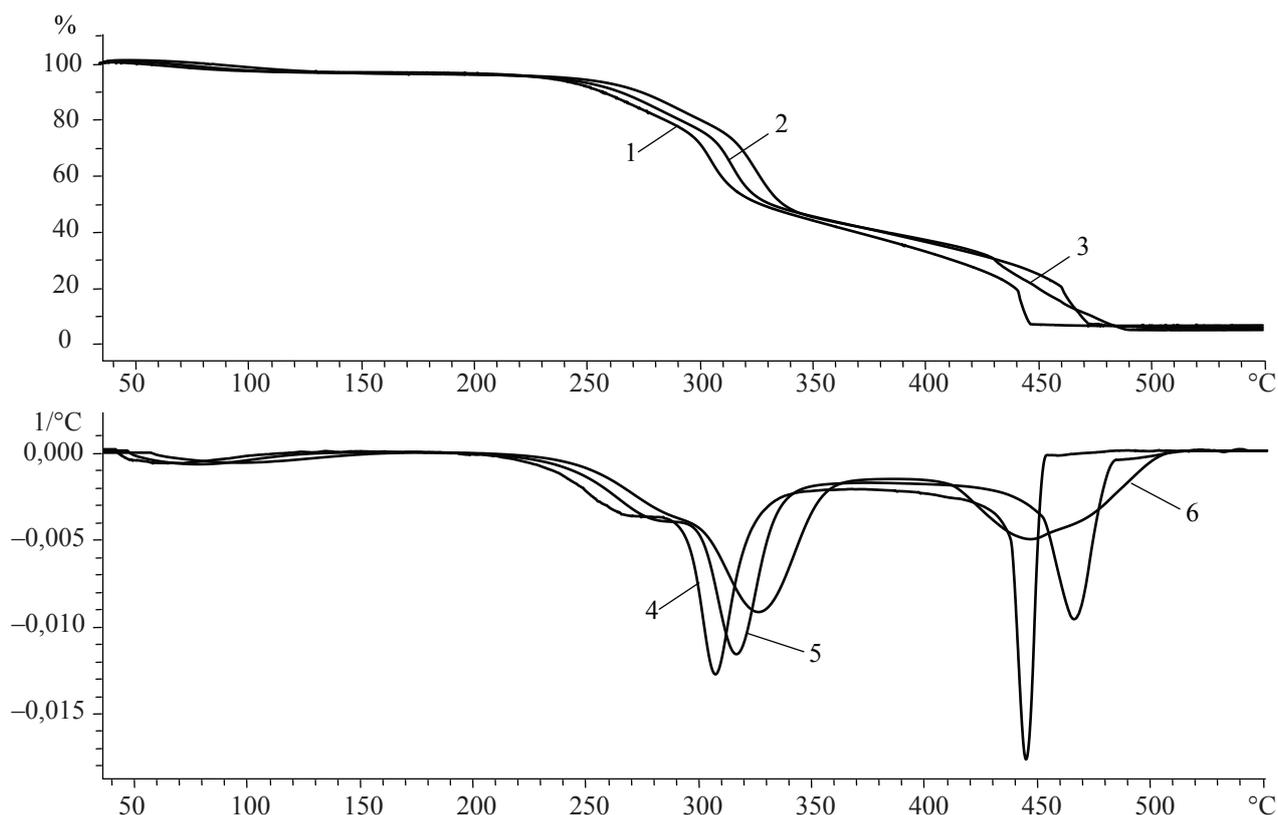


Рис. 6. ТГ (1, 2, 3) и ДТГ (4, 5, 6) кривые образцов древесины дуба (возраст 50–80 лет) в атмосфере воздуха: 1, 4 – скорость нагревания 5 °С/мин; 2, 5 – скорость нагревания 10 °С/мин; 3, 6 – скорость нагревания 20 °С/мин

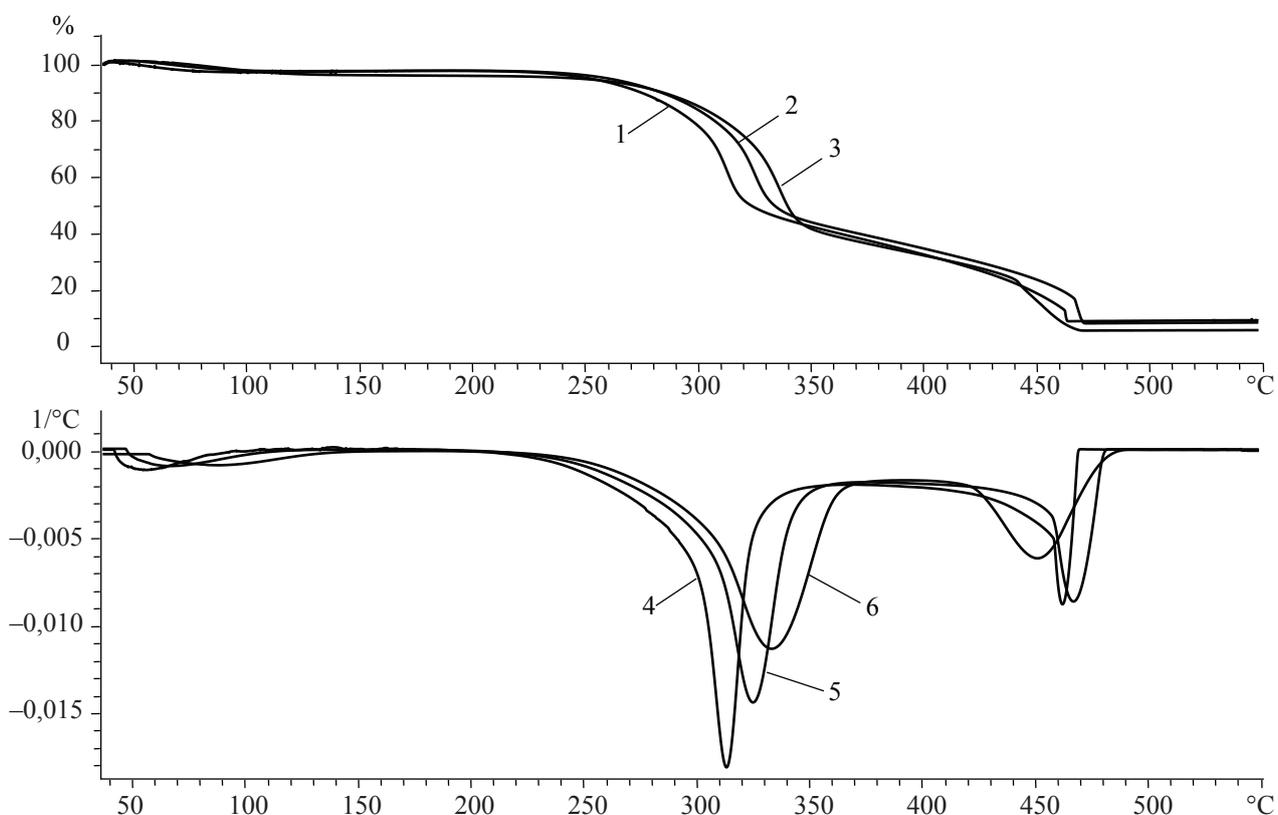


Рис. 7. ТГ (1, 2, 3) и ДТГ (4, 5, 6) кривые образцов древесины ели (возраст 100–150 лет) в атмосфере воздуха: 1, 4 – скорость нагревания 5 °С/мин; 2, 5 – скорость нагревания 10 °С/мин; 3, 6 – скорость нагревания 20 °С/мин

Полученные данные термоокислительного распада древесных пород подчеркивают значимость рассмотрения окислительных процессов углистого слоя. Соответственно наиболее важными стадиями термоокислительного разложения древесины, лимитирующими особенности ее горения, являются основная стадия разложения, стадия образования и окисления углистого слоя. В этой связи особенно показательными являются кинетические параметры процесса термодеструкции древесины, в частности изменение энергии активации на вышеуказанных участках. Изменение физико-химических параметров древесины в результате ее старения оказывает существенное влияние на кинетику термоокислительной стабильности.

На рис. 8 и 9 представлены зависимости энергии активации от степени превращения на основной стадии термоокислительного разложения древесины дуба и ели соответственно.

В результате определения кинетических параметров было установлено, что на основной стадии термоокислительного разложения исследуемых пород древесины наблюдаются незначительные изменения энергии активации на всем протяжении рассматриваемого участка как для древесины современной, так и для искусственно состаренной. Это свидетельствует прежде всего о суммарном вкладе на данном участке полисахаридной составляющей, подобии характера и механизма протекания процесса термоокислительного распада указанных компонентов древесины.

Для лиственных и хвойных разновидностей древесины значения энергии активации на участке степеней превращения до 80 % идентичны. На участке степеней превращения от 80 до 100 % значение энергии активации для древесины дуба становится значительно выше, чем для хвойной разновидности древесины ели, что определяется начальной энергетикой процесса окисления углистого слоя. Необходимо учитывать, что 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 древесных материалов. В этой связи важнейшим участ-

ком, определяющим энергетику процесса горения древесной субстанции, является участок, характеризующийся окислительными процессами древесного угля.

На рис. 10 и 11 представлены зависимости энергии активации окислительного процесса углистого слоя древесины дуба и ели, а также искусственно состаренной древесины дуба и ели в зависимости от степени превращения на стадии процесса окисления древесного угля.

В результате исследования было установлено, что основные изменения энергии активации окисления угля характерны для участка степеней превращения от 0 до 20 %. На участке степеней превращения от 20 до 100 % энергия активации практически не имеет расхождений для углей древесины одной породы различного возраста. Интересно отметить, что наибольшее расхождение значений энергии активации современной и искусственно состаренной древесины наблюдается у лиственной древесины березы (рис. 12).

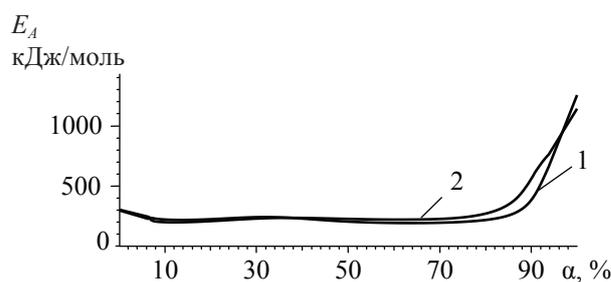


Рис. 8. Зависимость энергии активации ( $E_A$ ) процесса термоокислительного разложения древесины дуба (1) и искусственно состаренного дуба (возраст 50–80 лет) (2) в зависимости от степени превращения ( $\alpha$ ) на основной стадии процесса термоокислительного разложения

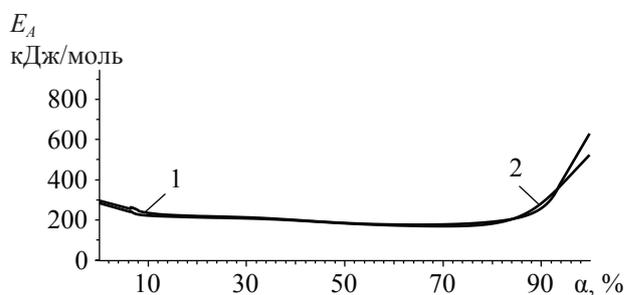


Рис. 9. Зависимость энергии активации ( $E_A$ ) процесса термоокислительного разложения древесины ели (1) и искусственно состаренной ели (возраст 100–150 лет) (2) в зависимости от степени превращения ( $\alpha$ ) на основной стадии процесса термоокислительного разложения

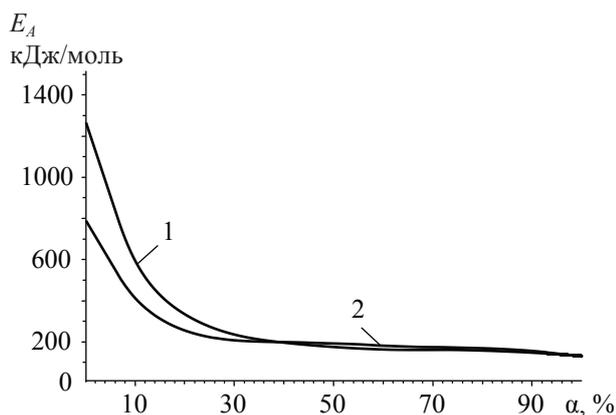


Рис. 10. Зависимость энергии активации ( $E_A$ ) окислительного процесса углистого слоя древесины дуба (1) и искусственно состаренного дуба (возраст 50–80 лет) (2) в зависимости от степени превращения ( $\alpha$ ) на стадии процесса окисления угля

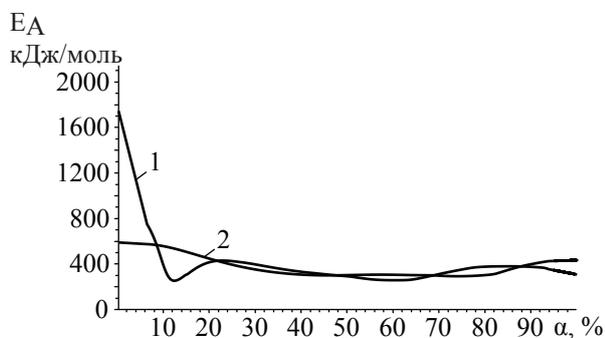


Рис. 11. Зависимость энергии активации ( $E_A$ ) окислительного процесса углистого слоя древесины ели (1) и искусственно состаренной ели (возраст 100–150 лет) (2) в зависимости от степени превращения ( $\alpha$ ) на стадии процесса окисления угля

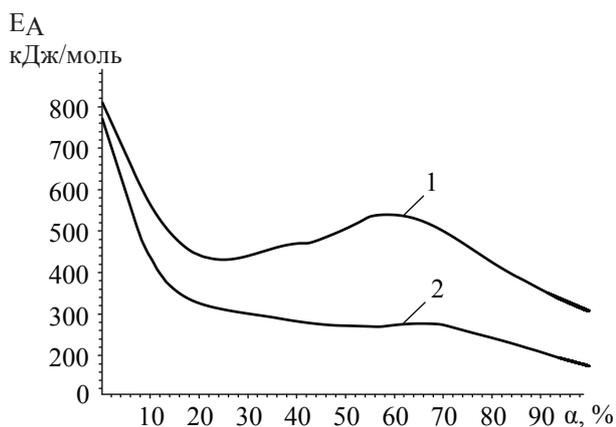


Рис. 12. Зависимость энергии активации ( $E_A$ ) окислительного процесса углистого слоя древесины березы (1) и искусственно состаренной березы (возраст 50–80 лет) (2) в зависимости от степени превращения ( $\alpha$ ) на стадии процесса окисления угля

Выявлено, что максимальное значение энергии активации (540 кДж/моль) у современной древесины березы проявляется при степени превращения угля 60 %, тогда как у искусственно состаренной древесины энергия активации снижается до значения 290 кДж/моль при той же степени превращения. Для угля древесины березы, подвергнутой искусственному старению, энергетический барьер для осуществления окислительных процессов значительно меньше, чем для современной древесины березы.

Таким образом, по результатам исследования сделан важный вывод о том, что углистый слой естественно или искусственно состаренной до определенного возраста (от 50 до 150 лет) древесины хвойных и лиственных пород способен при меньших энергетических затратах к выделению тепла по сравнению с углем современной древесины.

В работе методами термического анализа (ТГ, ДТГ, ДСК) проведены исследования термоокислительной деструкции древесины лиственных и хвойных разновидностей древесины в зависимости от их эксплуатационного возраста, а также энергетической способности образующегося древесного угля.

В результате проведения искусственного старения древесины было установлено, что наиболее стойкими древесными породами к воздействию возрастного фактора являются лиственные породы древесины. В результате температурно-окислительного воздействия существенно изменяется термоокислительная стабильность древесины, а также энергетика образующегося углистого слоя. Многочисленные деструктивные воздействия, сопровождающие эксплуатацию древесины, определяют физико-химические превращения, происходящие в древесном материале, и определяют характер и механизм термоокислительного распада древесины.

Расчет кинетических параметров, в частности энергии активации, термоокислительного разложения образцов древесины показал, что с увеличением степени превращения различных пород древесины наблюдается увеличение значений энергии активации. Для хвойных пород древесины значения энергии активации ниже по сравнению с лиственными

породами. Наблюдаемое увеличение энергии активации, при больших степенях разложения древесины лиственных пород, отражает вклад энергетики окисления углистого остатка.

Важной особенностью окислительного процесса углистого слоя состаренной до определенного возраста (от 50 до 150 лет) древесины является его способность при меньших энергетических затратах, по сравнению с современной древесиной, к возникновению и протеканию окислительного процесса, имеющего экзотермический характер.

### Библиографический список

1. Покровская, Е.Н. Химико-физические основы увеличения долговечности древесины. Сохранение памятников деревянного зодчества с помощью элементоорганических соединений: монография / Е.Н. Покровская. – М.: АСВ, 2003. – 104 с.
2. Никитин, Н.И. Химия древесины и целлюлозы / Н.И. Никитин. – М.-Л.: АН СССР, 1962. – 720 с.
3. Оболенская, А.В. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы / А.В. Оболенская, З.П. Ельницкая, А.А. Леонович // Экология. – 1991. – 318 с.
4. Пищик, И.И., Кудря А.А., Янковский Б.А., Расев А.И., Шинаев С.Я., Коликов Г.Д., Колупаев А.П., Горлов А.М., Яковлев Ю.М. и Ремизов Б.М. Описание изобретения к авторскому свидетельству № 719870. Заявлено 18.04.78, Опубликовано 05.03.80 бюллетень № 9, Дата опубликования 08.03.80. Заявитель: Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт музыкальной промышленности.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ДУБА К ГНУТЬЮ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫХ УСЛОВИЙ

А.С. ДАНКОВ, ассистент каф. механической технологии древесины ВГЛТА

*asd-vglta@mail.ru*

В традиционной технологии гнутье массивной древесины осуществляется при влажности 25–30 % и температуре заготовки 100 °С. При таком сочетании режимных параметров древесина обладает наилучшей способностью к гнутью.

Однако во многих ситуациях нет необходимости в гнутье древесины с такой высокой влажностью, так как она обуславливает длительный технологический процесс гнутья из-за стабилизационной сушки.

Известно, что стабилизация формы заготовок достигается при влажности ниже 15 % [1]. Однако нет сведений о минимальной влажности при гнутье, достаточной для полной фиксации формы.

В литературных источниках также отсутствует информация о способности к гнутью древесины при различных температурно-влажностных условиях. Между тем такие сведения были бы крайне полезны в целях оптимизации параметров гнутья для деталей различного назначения. Например, при гнутье задней ножки стула используется отношение  $h/R = 1/23$ . При гнутье же дубовых заготовок по традиционной технологии это отношение составляет 1/4. Оче-

видно, что резерв для снижения влажности в целях оптимизации процесса здесь велик.

В связи с вышеизложенным возможность снижения влажности при гнутье изучалась в двух направлениях:

1) определялась минимальная влажность, при которой еще возможна стабилизация приданной заготовкам формы;

2) исследовалась способность древесины к гнутью в зависимости от различных температурно-влажностных условий.

Ранее была исследована способность древесины дуба фиксировать приданную форму в зависимости от различных температурно-влажностных условий при гнутье. Данная зависимость представлена на рис. 1.

Из графика следует, что с увеличением температуры нагрева приданная образцам форма стабилизируется при меньшей влажности. Так, при гнутье древесины с влажностью 10 % полное закрепление формы произойдет при нагреве до 114 °С. Полная стабилизация формы достигается также при  $W_k = 8\%$  и  $T_{cp} = 114\text{ °С}$  и вызвана наложением термозамороженной деформации, так как стабилизационная сушка здесь отсутствовала.

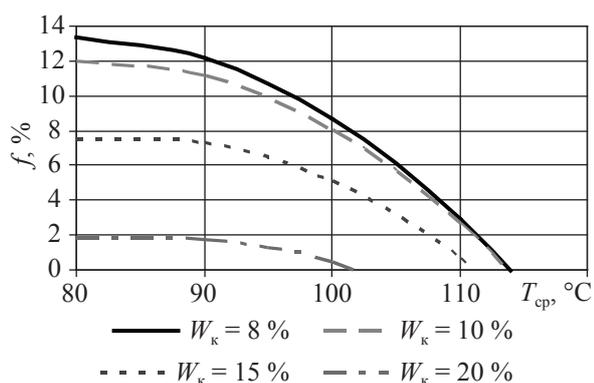


Рис. 1. Графики зависимости относительной величины изменения стрелы прогиба (стабильности приданной формы) от температуры  $T_{cp}$  при различных уровнях влажности  $W_k$



Рис. 2. Установка для гнутья на разный радиус кривизны

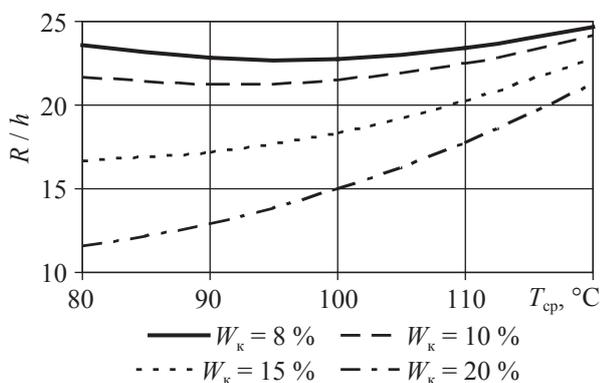


Рис. 3. Графики зависимости способности древесины дуба к гнутью от температуры его нагрева  $T_{cp}$  при различных величинах влажности образцов  $W_k$

Т а б л и ц а

**Значения и уровни факторов униформ-ротатального плана**

Наименование фактора	Уровни варьирования				
	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
Влажность ( $W_k$ ), %	8	10	14	18	20
Температура ( $T_{cp}$ ), $^\circ C$	80	86	100	114	120

С целью исследования зависимости  $h / R = f(W_k, T_{cp})$  для древесины дуба были предприняты активные эксперименты.

Испытания проводились на дубовых образцах с размерами  $20 \times 20 \times 350$  мм, изготовленных в соответствии с требованиями ГОСТ 16483.21. Для приведения влажности древесины к необходимой по плану использовалась климатическая камера.

Экспериментальная установка для исследования способности к гнутью представлена на рис. 2.

Методика заключалась в следующем. Образцы, имеющие влажность в соответствии с уровнями в табл. 1, нагревались в СВЧ-печи по разработанным режимам [2] до заданных температур. Затем осуществлялось гнутье на гнутарной установке в стальной шине. Изгиб производился в радиальной плоскости. За величину минимального радиуса гнутья принималось значение радиуса, на котором все образцы серии могли быть изогнуты без возникновения дефектов гнутья (складок, разрывов). В каждой серии испытывалось по 10 основных образцов.

С целью представления полученных данных в более наглядном виде вместо отношения  $h / R$  находилось обратное отношение  $R / h$ .

Для получения уравнения регрессии сразу в натуральных показателях использовалась программа Statistica 6.0.

Уравнение регрессии имеет следующий вид

$$R / h = 73,69817 - 2,3514W_k - 0,80815T_{cp} - 0,00291W_k^2 + 0,00346T_{cp}^2 + 0,01786W_kT_{cp}$$

Графическая интерпретация полученного уравнения представлена на рис. 3.

Из рисунка видно, что для всех уровней влажности с ростом температуры способность к гнутью ухудшается, причем при более высокой влажности это снижение происходит более интенсивно. Это связано с тем, что снижение прочности происходит сильнее у образцов с высокой влажностью и температурой.

Одним из качественных показателей гнутых деталей является величина стрелы прогиба [1]. Отклонение от заданной стрелы прогиба не должно превышать  $\pm 3$  мм. Данно-

му значению на рис. 1 соответствует величина относительного изменения стрелы прогиба  $f = 6\%$ .

Используя рис. 1 и 3, можно рекомендовать следующие температурно-влажностные условия при гнутье различных заготовок:

– для задней ножки стула

$$(h/R = 1/23) - W_k = 10\%, T_{cp} = 105-113\text{ }^\circ\text{C};$$

– для спинки стула

$$(h/R = 1/35) - W_k = 8\%, T_{cp} = 105-113\text{ }^\circ\text{C}.$$

Промышленное применение указанных режимов с СВЧ-нагревом позволит резко

сократить продолжительность технологического процесса гнутья в целом, снизит количество шин и шаблонов, задействованных при гнутье.

### Библиографический список

1. Справочник мебельщика / под ред. В.П. Бухтиярова. – М.: МГУЛ, 2005. – 600 с.
2. Филонов, А.А. Использование СВЧ-печи для нагрева дубовых образцов до высоких температур / А.А. Филонов, А.Н. Чернышев, А.С. Данков // Деревообрабатывающая промышленность. – 2008. – № 1. – С. 19–21.

## К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВНЕШНЕГО ВИДА ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ИЗДЕЛИЯХ МЕБЕЛИ

Б.М. РЫБИН, *проф. каф. технологии мебели и изделий из древесины МГУЛ, д-р техн. наук,*  
И.А. ЗАВРАЖНОВА, *ст. преп. каф. технологии мебели и изделий из древесины МГУЛ*

*caf-mebel@mgul.ac.ru*

**В** настоящее время требования к внешнему виду поверхностей покрытий устанавливаются на основе ОСТ 13-27-82 «Покрытия защитно-декоративные на мебели из древесины и древесных материалов. Классификация и обозначения». Отраслевой стандарт не учитывает многие особенности современных покрытий. Так, отсутствует регламентация, нормативы и способ объективной оценки качества внешнего вида поверхностей покрытий. Это приводит к техническим барьерам в торговле между изготовителем деталей и узлов с покрытиями и производителем готовых изделий, использующим эти полуфабрикаты как комплектующие изделия.

Целью проведенной работы является разработка требований, предъявляемых к внешнему виду поверхностей покрытий на изделиях мебели.

Согласно ГОСТ 16371-93 «Мебель. Общие технические условия» приложение 4, поверхности изделий мебели подразделяются на видимые, невидимые и поверхности, с которыми в процессе эксплуатации соприкасаются человек и предметы. Видимые поверхности подразделяются на внутренние и лицевые (фасадные, рабочие и прочие). Невидимые поверхности подразделяются на

наружные и внутренние. Все перечисленные поверхности могут иметь покрытия, образованные жидкими лакокрасочными материалами, выполняющими как защитные, так и декоративные функции.

Качество исполнения защитно-декоративных покрытий зависит от наличия на их поверхностях наблюдаемых дефектов, образующихся в результате различных причин. Механическое разрушение покрытий ведет к появлению царапин, рисок, вмятин, сколов. Недостаточное растекание и смачивание лакокрасочного материала при формировании покрытий вызывает появление штрихов, пропусков, шагрени, потеков. Дефекты, образующиеся при отверждении и сушке покрытий, характеризуются пузырями, кратерами, проколами. Наличие посторонних частиц влияет на внешний вид за счет включений в покрытия и структурных неровностей за счет включений под облицовкой. Дефекты, образующиеся за счет недостаточной адгезии покрытий, встречаются в виде отслоений (вздутий), трещин. Дефекты внешнего вида покрытий характеризуются изменением отражательной способности поверхности в виде пятен, неравномерности глянца или матовости.

**Условия осмотра контролируемых поверхностей для выявления дефектов покрытий**

Параметры условия наблюдения	Ограничение значений параметров при определении дефектов покрытий			
	неравномерность по блеску, структурные неровности, включения под облицовочной пленкой	пузыри, шагрень, потеки, штрихи, пропуски, кратеры	пятна	риски, включения в покрытие, сколы, трещины, царапины, проколы, вмятины, отслоение
Освещенность рабочей поверхности стола в горизонтальном положении при освещении верхним светильником, лк	1500–2000	1500–2000	1500–2000	1500–2000
Высота подвески верхнего светильника над рабочей поверхностью стола, мм	300–400	300–400	300–400	300–400
Мощность люминесцентной лампы вспомогательного светильника, Вт	не используется	60	не используется	60
Расстояние по горизонтали между наблюдателем и столом оценки, не более, мм	600	600	600	600
Превышение органов зрения над рабочей поверхностью стола оценки в горизонтальном положении, не менее, мм	500	500	500	500
Угол поворота стола, град.	(+)	(–)	(+)	(–)
	20–30	20–30	30–50	20–30
Угол наблюдения контролируемой поверхности, град.	10–30	60–80	не более 10	60–80

Приведенные термины дефектов покрытий имеют следующие определения. Царапины – углубления на поверхности покрытия, оставленные острым предметом. Риски – мельчайшие следы, имеющие хаотичный характер распределения на поверхности покрытия. Вмятины – местные углубления, образовавшиеся в результате механических воздействий. Сколы – разрушения покрытия на краях поверхностей деталей в виде отслоения. Штрихи – следы, образовавшиеся в процессе нанесения лакокрасочных материалов и сохранившиеся на покрытии после сушки. Пропуски – отдельные участки, не покрытые лакокрасочным материалом. Шагрень – неровности поверхности покрытия в виде апельсиновой корки. Потеки – утолщение покрытия, образовавшееся при стекании лакокрасочного материала. Пузыри – полости, заполненные воздухом в лакокрасочном покрытии. Кратеры – крупные пологие углубле-

ния в покрытии, возникающие после высыхания. Проколы – дефект покрытия в виде булавочных уколов. Включения в покрытиях – присутствие посторонних частиц в покрытиях. Структурные неровности – неровности покрытия, являющиеся следствием специфического строения древесной подложки. Включения под облицовкой – неровности покрытия, являющиеся следствием посторонних частиц под облицовкой основы. Отслоение (вздутие) – нарушение целостности покрытий с подложкой или нижележащими слоями. Трещины – участки покрытий, имеющие разрушения различной формы и размеров, образующиеся в результате остаточных напряжений в лакокрасочных пленках. Пятна – ограниченные участки поверхности покрытия, отличающиеся по цвету. Неравномерности глянца или матовости – участки поверхности покрытия, отличающиеся по характеру отражения падающего света.

**Нормативные показатели качества внешнего вида различных поверхностей покрытий, сформированных лакокрасочными материалами на древесине и древесных материалах**

Дефекты внешнего вида покрытий	Нормативный показатель дефектов покрытия для поверхностей изделий мебели				с которыми в процессе эксплуатации соприкасается человек и предметы
	видимых		невидимых		
	лицевых	внутренних	наружных	внутренних	
1. Царапины шириной до 0,5 мм, глубиной менее толщины покрытия: количество, шт./м <sup>2</sup> , не более общая длина, см/м <sup>2</sup> , не более	не допускается		2 20	3 50	допускаются 100
2. Пузыри ( в том числе проколы и кратеры): диаметром до 0,5 мм в количестве, шт./м <sup>2</sup> , не более диаметром до 1,0 мм в количестве, шт./м <sup>2</sup> , не более	не допускается		5 3	10 5	20 10
3. Включения в покрытиях: диаметром до 0,5 мм в количестве, шт./дм <sup>2</sup> , не более диаметром от 1,0 мм в количестве, шт./м <sup>2</sup> , не более	не допускаются	5 5	10 10	30 10	допускаются
4. Включения под облицовкой	не допускаются		допускаются		
5. Пропуски лакокрасочного материала общей площадью, см <sup>2</sup> /м <sup>2</sup> , не более	не допускаются			5	10
6. Потёки общей площадью, см <sup>2</sup> /м <sup>2</sup> , не более	не допускаются		10	20	допускаются
7. Вмятины площадью не более 3 см <sup>2</sup> в количестве, шт./м <sup>2</sup> , не более	не допускаются		2	3	10
8. Риски, штрихи, шагрень, структурные неровности	не допускаются	допускаются незначительные			допускаются
9. Неравномерность глянца или матовости общей площадью, см <sup>2</sup> /м <sup>2</sup> , не более	не допускается		10	20	допускается
10. Пятна: диаметр, мм, не более количество, шт./м <sup>2</sup> , не более	не допускаются		5 2	10 2	допускаются
11. Сколы, отслоение, трещины	не допускаются				

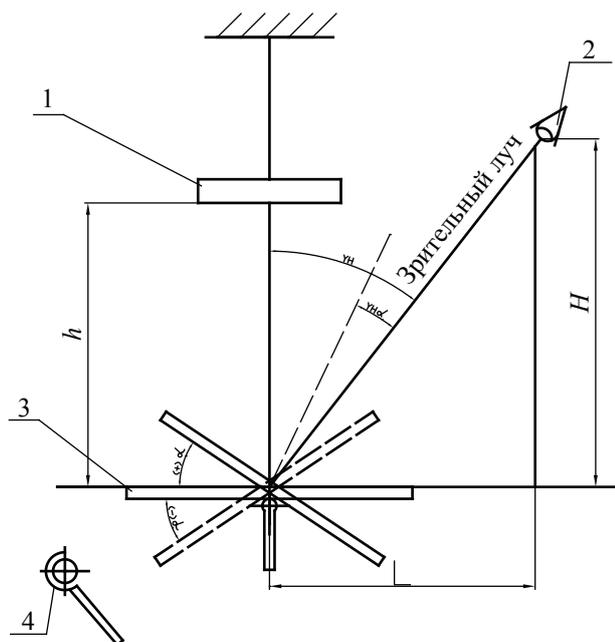


Рисунок. Схема установки для визуального осмотра поверхности покрытий: 1 – светильник верхний; 2 – глаз наблюдателя; 3 – стол с механизмом изменения положения (поднятие-опускание, поворот в вертикальной плоскости); 4 – светильник вспомогательный;  $H$  – превышение органов зрения над рабочей поверхностью стола оценки в горизонтальном положении;  $h$  – превышение главного светильника над рабочей поверхностью стола оценки в горизонтальном положении;  $L$  – расстояние по горизонтали между наблюдателем и центральным полем оценки на рабочем столе;  $УН$  – угол наблюдения при расположении стола в горизонтальном положении;  $УНа$  – угол наблюдения при отклонении положения на угол  $\alpha$  от горизонтального.

Оценка качества покрытий должна осуществляться на основе визуального осмотра контролируемой поверхности и заключается в обнаружении перечисленных дефектов без применения специальных оптических устройств и приборов. Вид и размеры контролируемых поверхностей плитных и брусковых деталей должны соответствовать изображению их на чертежах конструкторской или другой технической документации. Контролируемые поверхности должны быть освобождены от пыли, жировых пятен и других загрязнений.

Осмотр контролируемой поверхности производится на специально оборудованном рабочем месте, в состав которого входит: стол с механизмом изменения положения

(поднятие – опускание по высоте, поворот в вертикальной плоскости) и два светильника, располагающиеся один сверху, а другой сбоку стола. Схема установки для визуального осмотра поверхности покрытий приведена на рисунке. Характер зрительной работы по выявлению дефектов поверхности покрытий соответствует разрядам СНиП 23-05-95: А – очень высокая точность, Б – высокая точность, В – средняя точность. Разряды А, Б, В характеризуют зрительный комфорт по освещению контролируемой поверхности. При системе освещения с помощью двух светильников минимальная освещенность контролируемой поверхности не должна быть менее 1000 лк (рекомендовано СНиП 23-05-95). Рекомендуемый тип светильников – люминесцентные лампы (ЛДЦ, ЛХЕ), которые характеризуются соответствующим индексом цветопередачи, обеспечивающим зрительный комфорт при выполнении зрительных работ А, Б, В разрядов.

Расположение верхнего светильника над рабочей поверхностью стола в горизонтальном положении должно быть не более 400 мм. Расстояние по горизонтали между наблюдателем и центральным полем оценки на рабочем столе должно быть не более 600 мм. Превышение органов зрения над рабочей поверхностью стола в горизонтальном положении должно быть не менее 500 мм. В соответствии с рекомендациями обязательного приложения «Б» СНиП 23-05-95 и указанных расстояний расположения глаз наблюдателя от контролируемой поверхности разряд зрительной работы соответствует «1», который позволяет различить объекты (дефекты) размером более 0,25 мкм. Это те реальные минимальные размеры различных дефектов покрытий, которые воспринимаются глазом.

Проведение осмотра поверхности покрытий необходимо осуществлять в следующей последовательности. Деталь или изделие укладывают на стол таким образом, чтобы контролируемая поверхность покрытия освещалась равномерно светильником, расположенным сверху. Изменяя положение стола поворотом на определенный угол, изменяют условия освещения и наблюдения

контролируемой поверхности, что способствует выявлению дефектов покрытия. Если при освещении контролируемой поверхности светильником, расположенным над столом, не было обнаружено дефектов покрытия, включают вспомогательный светильник, расположенный от наблюдателя с противоположной стороны стола. Контролируемую поверхность осматривают при освещении двумя светильниками. Для этого изменяют положение стола поворотом на определенный угол, осуществляя осмотр поверхности в скользящем свете, при этом увеличивается вероятность обнаружения дефектов покрытия. Затем деталь или изделие поворачивают на столе в горизонтальном направлении на угол 90 градусов и повторяют наблюдения контролируемой поверхности покрытия для этого положения, используя сначала освещение поверхности верхним светильником

и затем вспомогательным. Рекомендуемые параметры условий осмотра поверхности покрытий для выявления дефектов определенного вида приведены в табл. 1. В табл. 2 приведены нормативные показатели качества внешнего вида различных поверхностей покрытий, сформированных лакокрасочными материалами. В основу нормативных показателей положены данные ГОСТ 24404-80 «Покрытия лакокрасочные. Классификация и обозначения».

Авторы надеются, что данная работа поможет производителям мебели в определении требований к внешнему виду поверхностей защитно-декоративных покрытий при создании технических условий на определенный вид продукции или отражение требований в соответствующих разделах договоров на поставку или покупку комплектующих деталей (изделий).

## ВЫБОР МЕТОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СТАНКА

Р.В. ЗАЙЦЕВ, *асп. МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*romzes\_xyz@mail.ru*

**Т**енденции в развитии техники таковы, что постоянно происходит усложнение функций технических устройств, ужесточаются условия работы, повышается ответственность за результаты труда. Все больше работа отдельных технических объектов объединяется в системы со сложными взаимодействиями и взаимозависимостями.

Системы усложняются в конструкторском плане. Это приводит к их удорожанию как в производстве, так и в эксплуатации. Отказ одного из элементов приводит к отказу всей системы. Последствия отказа носят не локальный, а лавинообразный характер. Кроме прямого действия, например экологической катастрофы, последствия касаются и здоровья людей и экономических потерь.

В силу того, что отказы, как правило, возникают «неожиданно», последствия бывают более тяжелые, чем в том случае, когда о наступлении отказа становится известно заранее. В этой связи возникло и развивается такое понятие, как остаточный ресурс (ОР).

При длительной эксплуатации технических объектов возникают повреждения. Повреждения накапливаются в результате нормальной эксплуатации, даже если отсутствовали дефекты при изготовлении и соблюдении правил эксплуатации.

«Остаточным ресурсом называют запас возможностей наработки оборудования после моментов контроля его технического состояния (или ремонта), в течение которого обеспечивается соответствие требованиям НТД всех его основных технико-эксплуатационных показателей и показателей безопасности» [1].

Начало развития ОР относится к таким отраслям, где последствия отказов связаны с безопасностью людей. Это в первую очередь транспорт. Затем последовали работы, связанные с воздействиями на экологию. В последние 20–30 лет такая проблема затронула технологию механосборочного производства и, в частности, станкостроения [2].

Станкостроение развивается в русле обозначенных выше тенденций развития тех-

ники, но основные негативные последствия – это моральные и экономические потери.

В данном случае рассмотрению подлежит станок токарной группы, среднего типоразмера, класса точности Н, П, В, универсального назначения, включая станки с ЧПУ.

Ресурс станка, как и срок службы, определяют одно и то же явление, но ресурс измеряют в отработанных часах, а срок службы – в календарной продолжительности [3]. Определяют работоспособность станка две группы параметров. Одна группа характеризует функционирование станка. Это диапазон скоростей резания и подачи, габариты обрабатываемых заготовок и т.д. Другая группа, более ответственная и в значительной степени определяющая предельное состояние станка, представляет собой показатели свойств, изменяющихся за время эксплуатации. Это показатели качества функционирования: точность получаемых деталей и производительность процесса резания.

Основным в станках универсального назначения является требование точности, в то время как производительность является требованием подчиненным.

Точность станка представляет сложное явление и состоит из следующих основных частей. Это погрешность размера, отклонение формы получаемых поверхностей на детали, отклонение расположения обработанных поверхностей, волнистость, шероховатость.

Погрешность размера в большей степени зависит от таких факторов, как погрешность наладки, базирования, закрепления. Те факторы, которые изменяют погрешность размера во времени, такие как жесткость, тепловые деформации, вибрационные процессы, изнашивание, рассматриваются при анализе отклонений. Такое явление, как шероховатость, зависит в большой степени от обрабатываемого материала, инструмента, режимов обработки, а станочное влияние учитывается при рассмотрении образования отклонений.

Показатели отклонения формы и расположения в конечном итоге определяют предельное состояние станка. Отклонения формы при токарной обработке рассматриваются в двух направлениях. Вдоль оси вала – отклонение от цилиндричности, поперек оси

– отклонение от круглости. В зависимости от конструкции станка, от условий эксплуатации определяющим может быть тот или иной показатель. Каждый из этих показателей, являясь интегральной оценкой, состоит из нескольких элементарных составляющих.

Круглость оценивается овальностью, трехгранкой и т.д. Цилиндричность характеризуется конусообразностью, бочкообразностью и седлообразностью. Для характеристики предельного состояния наиболее представительными будут: овальность, конусообразность и бочкообразность/седлообразность.

Оценку остаточного ресурса, как показывает анализ публикаций, осуществляют посредством двух разных подходов. Первый из них основан на установлении непосредственного времени ОР. В частности, это система ППР [4], а также оценка по бухгалтерским документам. Второй подход основан на оценке текущего состояния и сравнении с предельным состоянием. Из чего следует вывод о величине остаточного ресурса. Как показывает практика, первый подход достаточно прост в исполнении, но имеет крайне низкий уровень достоверности. Второй подход более сложен как в методическом плане, так и в практике применения. Но результат отличается от предыдущего более высокой достоверностью оценки.

Под достоверностью будем понимать близость оценки при прогнозировании ОР и реального времени эксплуатации до предельного состояния. Достоверность в данном случае понятие более широкое, чем точность. Кроме инструментальной точности в понятие достоверности входят такие аспекты, как набор показателей, определяющих предельное состояние, знание/незнание законов деградации этих показателей и т.п. В этом плане достоверность в значительной степени зависит от технического объекта, его свойств, назначения.

На сегодняшний день не обнаружено каких-либо положений или рекомендаций общего характера по оценке ОР. В зависимости от конкретных потребностей создаются методы применительно к конкретным ситуациям.

Требования к методу оценки ОР для рассматриваемого технического объекта можно сформулировать в следующем виде:

– достоверность оценки не менее 60 %;

- время проведения процедуры оценки ОР не более одной рабочей смены (6 час.);
- материальные затраты по стоимости соизмеримы с затратами на плановый осмотр;
- квалификация работников, проводящих оценку не выше инженера;
- материально-техническое обеспечение основано на средствах и техническом арсенале предприятия, эксплуатирующего данное оборудование;
- методика строится на возможности оценки индивидуального ОР конкретного станка.

С позиции наибольшей достоверности следует отметить метод, основанный на постоянной диагностике состояния технического объекта [5]. В этом случае по мере эксплуатации формируются закон деградации и количественные значения параметров закона. Такая информация поступает оперативно во время эксплуатации. Однако такой подход требует значительных затрат на приобретение соответствующей аппаратуры, на поддержание ее в рабочем состоянии во время эксплуатации. Такие системы применяют в случаях с серьезными последствиями отказов. Это АЭС, авиационный транспорт.

Существуют объекты с применением диагностических систем периодического действия. Такие системы вырабатывают диагностический сигнал периодически. Системы такого типа применяют для оценки состояния объектов, у которых определяющим является один признак, но сигнал поступает из нескольких мест. Это контроль состояния, например, сварных швов. Стоимость снижается за счет сокращения времени работы диагностической системы и за счет охвата многих мест контроля одной системой.

Следующий класс объектов, у которых закон деградации известен, т.к. известна причина деградации. В этом случае можно выделить две группы объектов. Одна группа характеризуется тем, что деградация зависит от одной причины: усталость металла конструкции, изнашивание, коррозия. В данном случае значение остаточного ресурса зависит от условий эксплуатации. Другая группа – тем, что причин несколько. В этом случае закон деградации описывается экспонентой [6].

В первом случае это наиболее характерные трубопроводные системы. Во втором случае это сложное технологическое оборудование. Как в первом, так и во втором случае основная причина – непредсказуемость параметров нагружения системы во время эксплуатации, т.е. накопления повреждения. Оценка текущего состояния в количественном выражении производится как отношение значения реакции к значению параметров возмущения. В данном случае возникают две возможности. Одна состоит в том, чтобы имитировать возмущение [7]. Другая возможность состоит в том, чтобы возмущение обеспечивать рабочим процессом [8]. Достоверность оценки отличается принципиально. В случае с имитацией можно получить дезинформацию вместо ожидаемой информации. Вопрос в том, как осуществлять имитацию. Метод имитации возмущения подкупает незатейливостью, простотой осуществления, малыми материальными затратами, возможностью управления полученными результатами.

Оценка реакции объекта на нормированное возмущение, будь то имитация или рабочий процесс, требует определенной и достаточно высокой точности в оценке как параметров возмущения, так и реакции, что должна обеспечить методика измерения, средства измерения и преобразование данных эксперимента в результат.

Для того чтобы обосновать направление исследований по формированию метода оценки ОР с заданными требованиями, произведем оценку экспертным методом возможности основных подходов, представленных в технических источниках. Причем осуществим приведение этих показателей к показателям из эксплуатации станочных систем.

За стопроцентные значения информации об изучаемом объекте используем данные, получаемые из эксплуатации станка, достигшего предельного состояния. В этом случае точно известна форма закона, значение параметров этого закона. Свойства конструкции определены достоверно, т.к. она подверглась воздействию всего диапазона возмущений, причем неоднократно. Оценка точности реакции в виде годных деталей доказана практикой. Во время эксплуатации наблюдались

все параметры как функционирования, так и определяющие качество функционирования, т.е. производительность и точность. И вся эта информация может быть получена для данного индивидуального станка. Подобное обстоятельство лишает возможности перенести эти значения на другие станки.

Вопрос, сформулированный вначале, требует разработки метода, учитывающего положительные моменты в известных методах.

Метод оценки остаточного ресурса, основанный на оценке текущего состояния объекта с переводом этого состояния во время его эксплуатации и сравнение с заданным ресурсом, требует знания закона деградации. В случае сложных объектов, т.е. с многими причинами деградации, с несколькими параметрами, определяющими предельное состояние, суммарным законом, хорошо описывающим процесс деградации, является экспоненциальная зависимость. В этом случае достоверность оценки может составить 0,9940,97. Оценка количественного значения параметров закона основана на знании параметров состояния объекта в начале эксплуатации и в предельном состоянии. Значения этих параметров знать абсолютно точно не дано, но с уверенностью 0,9540,96 возможно.

В том случае, если наблюдаемый параметр, определяющий ОР, один, то достоверность можно оценить в 0,92, приняв линейную зависимость изменения достоверности от количества наблюдаемых параметров. Можно допустить, что в нашем случае при 4 параметрах 0,95.

При оценке текущего состояния необходимо производить возмущения как силовые, так и термические, вибрационные и в продолжение длительного времени. Кроме силовой картины требуется знать влияние размеров рабочего пространства. За отведенные 6 часов экспериментов можно воспроизвести силовую картину, термические возмущения, вибрационные в урезанном варианте, да и в ограниченном пространстве. Оценим в этом случае достоверность оценки состояния как 0,4. Оценку точности измерения реакции в виде полученных деталей со стопроцентной достоверностью получить навряд ли удастся. Отведем на эту составляющую 0,8.

В этом случае, если такой подход будет обеспечен, интегральная оценка достоверности составит следующее значение:

$$D = 0,98 \cdot 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,4 \cdot 0,8 = 0,26,$$

т.е. при предложенном раскладе уровень достоверности составляет около 30 %, что в два раза меньше, чем требуется. Возможным путем повышения достоверности является увеличение достоверности при проведении экспериментальной оценки свойств станка. Для достижения поставленного процентного уровня достоверности потребуется повысить этот уровень до 0,85, вместо 0,4.

### Выводы

1. Обзор публикаций обнаружил отсутствие общих подходов к разработке методов в оценке ОР.
2. Предлагаемые методы ориентированы на конкретный технический объект.
3. Предлагаемые методы, как правило, не показывают основных свойств – уровня достоверности.
4. Предлагаемая структура анализа дает возможность обнаружить те направления исследования при разработке метода, которые могут обеспечить требуемый результат.

### Библиографический список

1. Методические указания. Прогнозирование остаточного ресурса оборудования по изменению параметров его технического состояния при эксплуатации. РД 26.260.004-91. Дата введения 01.01.92.
2. Методика изучения надежности металлорежущих станков в эксплуатации / А.С. Лapidус, Л.В. Марголин, В.Т. Портман. – М.: ЭНИМС, 1969. – 188 с.
3. Надежность в технике. Основные понятия и определения. ГОСТ 27.002-89.
4. Единая система планово-предупредительного ремонта и рациональной эксплуатации технологического оборудования машиностроительных предприятий / Под ред. М.О. Якобсона. – М.: Машгиз, 1962. – 735 с.
5. Применение методов вероятностной механики разрушения для оценки ресурса и риска эксплуатации конструкций АЭС / В.Т. Алымов, В.М. Маркочев // Контроль. Диагностика. – 2009. – № 5. – С. 14–15.
6. Базовский, И. Надежность. Теория и практика / И. Базовский. – М.: Мир. – 1965. – 373 с.
7. Проников, А.С. Программный метод испытания металлорежущих станков / А.С. Проников. – М.: – Машиностроение. 1985. – 287 с.
8. Брауде, В.И. Надежность порталных и плавучих кранов / В.И. Брауде. – Л.: Машиностроение, 1967. – 155 с.

## ОЦЕНКА БЫСТРОДЕЙСТВИЯ ФОТОДИОДОВ С ВСТРОЕННЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ ДЛЯ ВОЛС

А.Н. НАУМОВ, асп. каф. вычислительные системы и сети МИЭМ

medialab@miem.edu.ru

В работе [1] проведен анализ нестационарного уравнения непрерывности для фотодиодов без учета внутреннего электрического поля. Анализ нестационарного уравнения непрерывности для фотодиода со встроенным электрическим полем без учета рекомбинации в объеме полупроводника проведен в работе [3]. Однако для оценки величины «сильного» или «слабого» поля для данной конструкции фотодиода необходимо знать соотношение между диффузионной длиной неосновных носителей и напряженностью электрического поля [2]. Кроме того, в работе [3] рассматриваются процессы в  $p$ -области  $p$ - $n$ -структуры, что неприемлемо для фотоприемников современных ВОЛС. Так, например, излучение арсенидогаллиевых источников (применяемых в ВОЛС) с длиной волны 0,92–0,95 мкм проникает в кремний на глубину 60 мкм (интенсивное поглощение), в то время как толщина диффузионного слоя ( $p$ -области) составляет 3–5 мкм. Следовательно, почти все излучение светоизлучающего диода поглощается в  $n$ -области фотодиода и влиянием  $p$ -области можно пренебречь.

Для оценки переходных процессов целесообразно рассмотреть стандартную модель фотодиода с полубесконечной базой, правомерную для современных конструкций передатчиков ВОЛС.

Предполагается, что проводимость дырочной области значительно превосходит проводимость электронной области, излучение падает перпендикулярно к  $p$ - $n$ -переходу со стороны  $p$ -области, уровень генерации низкий. Равновесная концентрация неосновных носителей, время жизни и подвижность неосновных носителей в базе постоянны; в базе имеется постоянное электрическое поле, направленное перпендикулярно плоскости  $p$ - $n$ -перехода и не меняющееся при генерации носителей; импульс света имеет прямоугольную форму с длительностью переднего фронта, равной нулю.

При принятых предположениях распределение концентрации дырок  $p(x)$  в базе такого фотодиода описывается диффузионно-дрейфовым уравнением

$$\frac{\partial \Delta p}{\partial t} = D_p \frac{\partial^2 \Delta p}{\partial x^2} - \mu_p E \frac{\partial \Delta p}{\partial x} - \frac{\Delta p}{\tau_p} + g_0 e^{-\alpha x}, \quad (1)$$

где  $x$  – расстояние от  $p$ - $n$ -перехода;

$t$  – время;

$D_p$  – коэффициент диффузии;

$E$  – напряженность электрического поля;

$\mu_p$  – подвижность дырок;

$\tau_p$  – время жизни дырок;

$g_0$  – скорость генерации пар электрон-дырка;

$\alpha$  – коэффициент поглощения, и граничными условиями для обратно смещенного  $p$ - $n$ -перехода.

$$\Delta p|_{x=0} = -p_n; \Delta p|_{x=} = 0, \quad (2)$$

Для упрощения расчета  $p_n(x)$ ,  $E(x)$ ,  $\mu(x)$  заменим их средними значениями

$$\begin{aligned} \bar{p}_n &= \frac{1}{0,1W} \int_{0,1W}^W p_n(x) dx, \quad \bar{\mu}_n = \\ &= \frac{1}{0,1W} \int_{0,1W}^W \mu_p(x) dx \quad \text{и} \\ \bar{E} &= \frac{1}{0,1W} \int_{0,1W}^W E(x) dx. \end{aligned} \quad (3)$$

где  $W$  – эффективная ширина  $n$ -базы фотодиода.

Решая уравнение (1) с учетом граничных условий (2), получаем для темнового тока и переходной характеристики фототока следующие выражения

$$I_s = -e \frac{p_n L_n}{\tau_p} (\psi + \sqrt{1 + \psi^2}), \quad (4)$$

$$I_\phi = e \frac{g_0 L_p}{a} \times$$

$$\times \left\{ \left\{ c \left[ 1 - \left[ 1 + \Phi \left( c \sqrt{\frac{t}{\tau_p}} \right) \right] e^{\frac{a t}{\tau_p}} \right\} - \sqrt{b} \Phi \sqrt{\frac{b t}{\tau_p}} \right\} \right\}, \quad (5)$$

где  $\Phi = |E| / (2\phi / L_p)$  – нормированное электрическое поле

$$(\varphi_T = kT/e); a = x^2 - 2x\psi - 1, \\ b = 1 + \psi^2, c = x - \psi$$

(здесь  $x = \alpha L_p$  – нормированная диффузионная длина);  $\Phi$  – интеграл ошибок Гаусса.

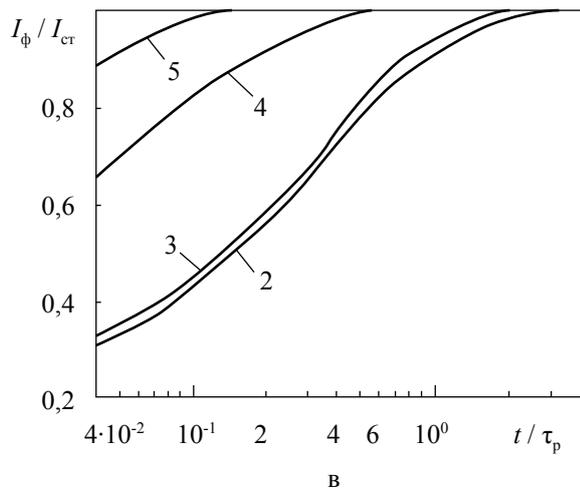
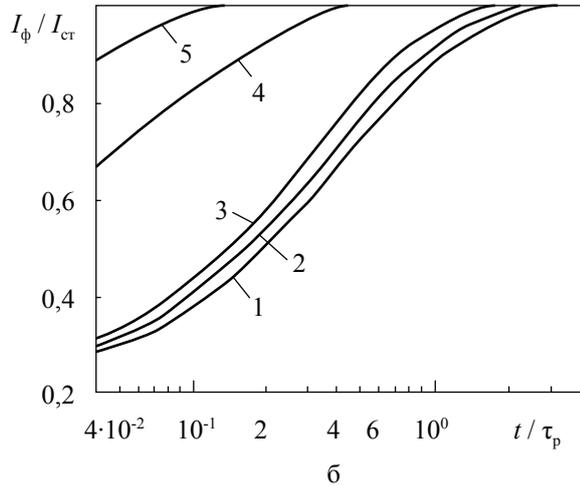
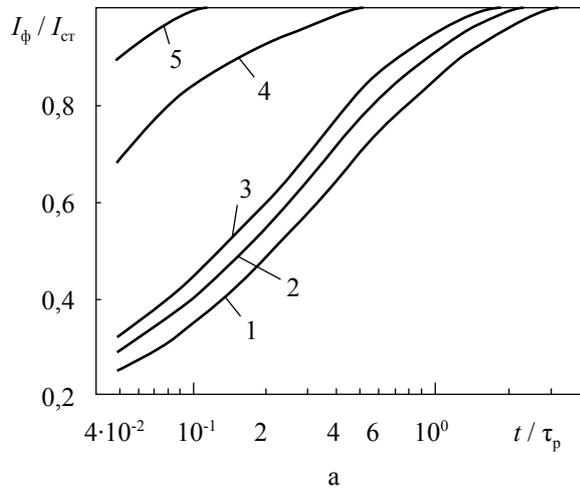


Рисунок. Переходные характеристики дрейфового фотодиода при ступенчатом освещении ( $\psi = 0,1$ ): а –  $x = 0,1$ ; б –  $x = 0,5$ ; в –  $x = 0,8$  (кривые 1 = 0,5; 2 = 0,8; 3 = 1; 4 = 3; 5 = 5)

Коэффициент сбора носителей можно записать в виде

$$K(t) = \frac{I_\phi(t)}{eF} = \frac{\alpha L_p}{a} \times \\ \times \left\{ c \left\{ 1 - \left[ 1 + \Phi \left( c \sqrt{\frac{t}{\tau_p}} \right) \right] e^{\frac{a-t}{s_p}} \right\} - \sqrt{b} \Phi \sqrt{b \frac{t}{\tau_p}} \right\}, \quad (6)$$

Введем условно для оценки быстродействия фотодиода два критерия: критерий «большой» или «малой» диффузионной длины  $L_p/(1/\alpha)$ ; критерий «сильного» или «слабого» поля  $|E|/(2\varphi_T/L_p)$ . При выполнении неравенства  $E_n = |E|/(2\varphi_T/L_p) > 1$  поле можно считать «сильным». При  $E_n > 3 - 5$  характеристическая длина распределения дырок определяется только напряженностью поля и не зависит от времени жизни.

Анализ зависимостей коэффициента сбора носителей от времени, построенных с помощью ЭВМ (рисунок), показывает, что при  $|E|L_p/2\varphi_T \leq 1$  переходный процесс определяется диффузионным переносом носителей заряда и заканчивается за время  $2 - 3\tau_p$ , при  $|E|L_p/2\varphi_T \geq 3$  переходный процесс определяется дрейфовым переносом носителей заряда и заканчивается за время  $0,5\tau_p$ .

Приведенный расчет позволяет для заданных параметров структуры фотодиода: дрейфового поля (для заданного профиля распределения примеси), диффузионной длины (для заданной концентрации) и коэффициента поглощения излучения (для заданной длины волны излучения) найти численные значения критериев  $\psi, x$ , с помощью которых по приведенным графикам оценить быстродействие и выбрать оптимальный вариант проектируемой структуры фотодиода для ВОЛС. Если графики не охватывают полученных значений критериев  $\psi$  и  $x$ , то длительность переходного процесса может быть оценена по формулам (5, 6).

### Библиографический список

1. Амброзьяк, А. Конструкция и технология полупроводниковых фотоэлектрических приборов / А. Амброзьяк. – М.: Сов. радио, 1970. – С. 253, 259.
2. Еремин, С.А. Полупроводниковые диоды с накоплением заряда и их применение / С.А. Еремин, О.К. Мокеев, Ю.Р. Носов. – М.: Сов. радио, 1966.
3. Jordan A.G., Milnes A.G., Photoeffect on Diffused p-n Junctions with Integral Field Gradients. – «IRE Trans», 1960, v. ED-7, No 4, pp. 242–251.

## ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ДАТЧИКИ

П.А. ИВАНОВ, *асп. каф. вычислительные системы и сети МИЭМ**medialab@miem.edu.ru*

Контроль состояния физического объекта, его положения в пространстве с помощью датчиков является неотъемлемым условием функционирования любой информационной системы. В технике автоматического контроля получили наибольшее распространение два вида датчиков: электромеханические и электронные. В то же время электромеханические датчики, как и любые электромеханические устройства, не удовлетворяют современным требованиям по надежности, долговечности и устойчивости к эксплуатационным воздействиям. Кроме того, электромагнитные помехи, действующие на любом объекте (внешние, наводки от коммутации силовых электроагрегатов), могут привести к существенному искажению информации, идущей от датчика, или временному прекращению ее поступления на обработку. При этом отмечается важность гальванического разделения входа и выхода датчика, а также обеспечения их помехоустойчивости.

Наиболее просто эта проблема решается с помощью оптоэлектронных приборов с открытым оптическим каналом – оптронов.

Оптроны подобного типа эффективно используются для регистрации предметов и объектов. При такой регистрации, характерной в первую очередь для устройства автоматического контроля и счета объектов, а также для обнаружения и индикации различного рода дефектов и отказов, важно четко определить местонахождение объекта или зафиксировать его наличие. Регистрация с помощью оптронов осуществляется надежно и оперативно.

Важно, однако, подчеркнуть, что все чаще приборы и микросхемы с открытыми оптическими каналами используются не столько для регистрации предметов и объектов, сколько для весьма точного и детального исследования их характеристик и свойств, например, для контроля качества, регистрации микроперемещений объектов, измерения давления, температуры, различных перенапряжений, обнаружения дыма и т.д.

Принципы построения устройств с оптронами в значительной степени аналогичны схемотехнике устройств с закрытыми оптическими каналами (оптопары, оптоэлектронные переключатели). Однако при использовании оптронов важно нейтрализовать влияние внешней («паразитной») засветки. Определенные технические трудности возникают при обеспечении четкой дистанционной ориентации элементов оптрона и исследуемого объекта.

Транзисторные оптроны могут применяться для передачи цифровой высокоскоростной информации. Технические характеристики оптрона в таком случае определяются формулой

$$Q = K/t(\text{вкл. выкл}), \quad (1)$$

где  $K_t$  – коэффициент передачи по току,

$t(\text{вкл. выкл})$  – больший по значению временной параметр.

С учетом системной модели оптрона выражение преобразуется в следующее

$$Q = \eta \cdot K_{\text{OK}} \cdot S_{\phi} / R_{\phi} \cdot C_{\text{K}}^{\text{уд}} \cdot A_{\text{K}} = \eta \cdot K_{\Gamma} \cdot K_{\text{ИМ}} \cdot S_{\phi} / R_{\text{H}} \cdot C_{\text{K}}^{\text{уд}} \cdot A_{\text{K}}, \quad (2)$$

где  $\eta$  – полная квантовая эффективность излучающего элемента;

$K_{\text{OK}}$  – коэффициент передачи излучения в оптическом канале связи, равной произведению  $K_{\Gamma} \cdot K_{\text{ИМ}}$ ;

$K_{\Gamma}$  – коэффициент, учитывающий геометрические характеристики оптрона;

$K_{\text{ИМ}}$  – коэффициент, учитывающий иммерсионное действие оптической среды;

$A_{\text{K}}$  – площадь перехода коллектор–база фотоприемного устройства;

$S_{\phi}$  – квантовая эффективность, определяемая числом электронов фототока, генерируемых на каждый падающий фотон излучения;

$C_{\text{K}}^{\text{уд}}$  – удельная емкость перехода коллектор–база фотоприемного элемента.

Однотранзисторные оптроны могут применяться и в качестве бесконтактных устройств управления сильноточными высо-

ковольтными цепями. К таким оптронам не предъявляются высокие требования по быстродействию, однако они коммутируют токи и напряжения, значительно превышающие уровни управляющих сигналов. Технический уровень управляющих транзисторных оптронов можно характеризовать общим критерием качества

$$Q_y = (P_{ком.мах} - P_{расс.мах}) / P_{вх} = K_f (U_{ком.мах} - U_{ост}) / U_{вх} - 1, \quad (3)$$

где  $P_{ком.мах}$  – максимальная мощность коммутируемой цепи;

$P_{расс.мах}$  – максимально рассеиваемая оптроном мощность;

$P_{вх}$  – входная мощность, необходимая для управления;

$U_{ком.мах}$  – максимальное коммутируемое напряжение;

$U_{ост}$  – выходное остаточное напряжение;

$U_{вх}$  – входное напряжение.

В случае высокоскоростной коммутации целесообразно применить следующий критерий качества

$$Q_y = Q_y / t_{вкл(выкл)}. \quad (4)$$

Использование управляющих оптронов в случае значительной разности потенциалов между управляющей входной и коммутируемой выходной цепями оптрона целесообразно применять следующий критерий качества

$$Q_{y2} = Q_{y1} U_{из} = Q_{y1} E_{кр} h, \quad (5)$$

где  $U_{из}$  – напряжение изоляции, равное произведению  $E_{кр} h$ ;

$E_{кр}$  – пробивная прочность иммерсионной среды;

$h$  – величина оптического зазора между излучающим и фотоприемным элементами.

Оптоэлектронные приборы с открытым оптическим каналом (ОП с ООК) отражательного типа могут применяться в качестве бесконтактных малоинерционных датчиков, предназначенных для преобразования различных физических величин (например линейных и угловых перемещений объектов) в электрический сигнал.

### ОП с ОКК отражательного типа для преобразования цифровой информации

Технический уровень ОП с ООК отражательного типа, работающих в режиме

преобразования цифровой информации (регистрация наличия или местонахождения внешнего объекта и т.п.) можно охарактеризовать обобщенным критерием качества

$$Q_{ц} = (I_{вых.мах} - I_{вых.с.з.}) / I_n, \quad (6)$$

где  $I_{вых.мах}$  – максимальное значение выходного тока при протекании через излучающий элемент прямого тока  $I_n$  и при наличии внешнего объекта в зоне чувствительности прибора,

$I_{вых.с.з.}$  – величина тока собственной засветки на выходе фотоприемного элемента прямого тока  $I_n$  и при отсутствии внешнего объекта.

### ОП с ОКК отражательного типа для преобразования аналоговой информации

Технический уровень ОП с ООК отражательного типа, работающих в режиме преобразования аналоговой информации (микроремещения, вибрация), можно охарактеризовать обобщенным критерием качества

$$Q_A = (\Delta I_{вых} / \Delta y)_{мах} / I_n, \quad (7)$$

где  $(\Delta I_{вых} / \Delta y)_{мах}$  – максимальное значение величины отношения малых приращений выходного тока  $\Delta I_{вых}$  и регистрирующего перемещения  $\Delta y$  внешнего объекта.

С учетом системной модели ОП с ООК это выражение преобразуется в следующее

$$Q_A = \eta (\Delta K_{ОК} / \Delta y)_{мах} S_{ф} B, \quad (8)$$

где  $(\Delta K_{ОК} / \Delta y)_{мах}$  – максимальное значение величины малых приращений коэффициента передачи излучения  $\Delta K_{ОК}$  и регистрирующего перемещения  $\Delta y$  внешнего объекта.

В случае высокоскоростной модуляции коэффициента передачи излучения оптического канала ОП с ООК отражательного типа целесообразно использовать обобщенный критерий качества

$$Q_{A1} = Q_A / t_{вкл(выкл)}. \quad (9)$$

С учетом системной модели ОП с ООК отражательного типа это выражение преобразуется к виду

$$Q_{A1} = \eta (\Delta K_{ОК} / \Delta y)_{мах} S_{ф} B / R_n \cdot K_{\kappa}^{\gamma_0} \cdot A_{\kappa}. \quad (10)$$

Основные требования, предъявляемые к полупроводниковым излучающим элементам для транзисторных оптронов и оптоэлектронных приборов, следующие:

– высокий внешний квантовый выход излучения;

– малая инерционность переходных процессов;

– спектральное согласование энергии излучения со спектральной областью максимальной чувствительности транзисторных фотоприемных элементов;

– миниатюрные размеры элемента или излучающего пятна на его световыводящей поверхности, удобной при монтаже элемента в оптоэлектронный прибор;

– стабильность основных параметров в процессе длительной эксплуатации прибора;

– низкие рабочие токи.

Совмещение всех перечисленных параметров при их высоком уровне в одном типе излучающего элемента затруднительно. В настоящее время среди основных типов источников излучения в видимой и ИК области спектра, используемых при промышленном производстве оптронов и оптоэлектронных приборов с открытым оптическим каналом, можно выделить следующие:

1)  $\lambda = 670 - 700$  нм – красные светоизлучающие элементы на основе  $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ ;

1)  $\lambda = 850$  нм – ИК излучающие элементы на основе  $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$ ;

3)  $\lambda = 930 - 950$  нм – ИК излучающие элементы на основе  $\text{GaAs}(\text{Si})$ .

Выбор того или иного источника излучения в значительной степени определяется согласованием его характеристик с характеристиками используемого фотоприемного элемента.

## Транзисторные фотоприемные элементы

Основные требования, предъявляемые к фотоприемным элементам транзисторных оптронов и оптоэлектронных приборов с открытым оптическим каналом, следующие:

– высокая квантовая эффективность в диапазоне длин волн излучения эффективных полупроводниковых излучающих элементов;

– малая инерционность переходных процессов;

– миниатюрность исполнения;

– высокое рабочее и пробивное напряжение;

– малые выходные остаточные напряжения;

– низкие токи утечки;

– стабильность основных параметров в процессе длительной эксплуатации прибора;

– простота конструкции и технологичность.

Однако надо отметить, что совмещение всех перечисленных параметров в одном типе фотоприемного элемента крайне затруднительно.

Кремниевые фотодиоды являются хорошими приемниками излучения, однако для получения сигналов требуемого уровня необходимо использовать дополнительные усилители. Повышать коэффициент передачи по току транзисторного оптрона или выходной ток оптоэлектронного прибора с открытым оптическим каналом путем использования внешних элементов неудобно, так как увеличивается число модулей в системе и ухудшаются параметры.

Т а б л и ц а

**Характеристики основных промышленных типов полупроводниковых излучающих элементов**

Материал	Цвет свечения	Длина волны в максимуме излучения, нм	Внешний квантовый выход, %	Мощность излучения, мкВт	Входной ток, мА
$\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$	красный	670	0,02–0,04	4–8	10
	красный	700	0,01	9	35
$\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$	ИК	850	2–3	300–500	10
	ИК	850	2,8	400	10
$\text{GaAs}(\text{Si})$	ИК	930	1,5	1000	50
	ИК	930	2,5–4	300–500	10
	ИК	950	1,5–2	200–250	10

Оптимальным решением является размещение усилительного элемента внутри корпуса оптоэлектронного прибора, что можно осуществить двумя способами: гибридным, допускающим использование отдельных кристаллов высококачественного *p-i-n* фотодиода и усилителя фототока, но сравнительно дорогим, и более экономичным интегральным, требующим компромиссных решений при достижении определяющих параметров.

Создание кремниевых фотоприемных элементов допускает возможность использования технологических приемов изготовления интегральных микросхем. Это обеспечивает высокую эффективность их применения в оптоэлектронных приборах с открытым оптическим каналом.

Таким образом, оптоэлектронные датчики и приборы позволяют решать одну из самых распространенных функциональных задач в радиоэлектронной аппаратуре, которая до последнего времени не решалась средствами микроэлектроники – «бесконтактный» сбор, передача, коммутация и преобразование информации.

Наличие оптической связи является чрезвычайно важным свойством информаци-

онного элемента на основе оптоэлектронного датчика, так как позволяет создать информационное поле пространственно разделенных, электрически не связанных цепей источников и приемников информационных сигналов и тем самым на несколько порядков снизить уровень помех.

### Библиографический список

1. Носов, Ю.Р. Оптоэлектроника / Ю.Р. Носов. – М.: Радио и связь, 1989. – 360 с.
2. Дмитриев, В.П. Применение оптоэлектронных приборов в радиоэлектронной аппаратуре / В.П. Дмитриев, В.П. Балашов, В.А. Горохов. – М.: ВИНТИ. – Итоги науки и техники. – Сер. Электроника, 1989.
3. Смирнов, В.А. Введение в оптическую радиоэлектронику / В.А. Смирнов – М.: Сов. Радио, 1976. – 236 с.
4. Балашов, В.П. Характеристики и методы расчета оптоэлектронных приборов / В.П. Балашов, А.К. Гребнев, В.П. Дмитриев – М.: ВИНТИ, 1989 – С. 3–59.
5. Блюмин, А.В. Оптоэлектронные инфракрасные каналы передачи информации для распределенных информационно-вычислительных сетей / А.В. Блюмин, В.М. Вишневецкий, В.П. Дмитриев, В.С. Жданов и др. //сб. докл. междунар. конф. «Методы и алгоритмы цифровых информационных систем». – София, Болгария, 1997 г.

## ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ О ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ СОГЛАСОВАННЫХ ОНТОЛОГИЙ

К.В. БЕЛЯЕВ, *н. с. лаборатории ТВП*

*sirconst@yandex.ru*

Одной из основных задач, решаемых в настоящее время разработчиками интеллектуальных систем дистанционного обучения (ИСДО), является задача индивидуализации обучения, т.е. автоматизированного построения индивидуальной траектории обучения в соответствии с потребностями и возможностями конкретного обучающегося. Как правило, решение этой задачи основано на специальном структурировании учебных материалов в соответствии с заранее предусмотренными сценариями изучения; однако такой подход обладает двумя существенными недостатками: во-первых, вариативность (ко-

личество возможных траекторий) обучения находится в прямой зависимости от количества предусмотренных разработчиком сценариев; во-вторых, разработанные сценарии применимы только к тому учебному материалу, для которого они предложены, и зачастую становятся неэффективными уже при незначительном его изменении.

В качестве альтернативного по отношению к традиционному подходу может быть предложен метод индивидуализации обучения, основанный на максимальной формализации учебных материалов, рассматриваемых как сведения о некоторой предметной облас-

ти. В этом случае учебные материалы структурируются таким образом, что могут быть в автоматизированном режиме преобразованы в набор утверждений (суждений, высказываний) о предметной области, связанных отношениями последовательности изложения, логического вывода и др. Индивидуализация обучения основана на последовательном предъявлении обучающемуся тех утверждений, которые ему необходимо усвоить, и контроле знания и понимания им утверждений, изученных ранее. Такой подход основан на использовании специализированной модели представления знаний о предметной области, описанию основных особенностей которой посвящена настоящая работа.

Настоящая работа является второй в серии статей, посвященных описанию моделей и алгоритмов, применяемых для автоматизированной индивидуализации обучения, основанной на представлении учебных материалов как совокупности знаний о предметной области. В первой работе серии приведены основные определения, позволяющие описать структуру и свойства специализированной модели представления знаний о предметной области на основе математического аппарата согласованных онтологий, и базовые утверждения о ее возможностях.

В тексте работы продолжен анализ свойств замкнутых онтологий за счет рассмотрения некоторых специфических отношений между объектами предметной области, а также основные направления применения аппарата согласованных онтологий в интеллектуальных системах дистанционного обучения и приведены варианты алгоритмов, обеспечивающих управление познавательным процессом на основе предложенной модели в таких системах.

### 1. Основные утверждения о свойствах согласованных онтологий

В рамках настоящего раздела рассматриваются основные теоретические результаты, связанные с рассмотренной в предшествующих работах моделью представления знаний на базе системы согласованных онтологий предметной области. Будем рассматривать некоторую фиксированную согласован-

ную онтологию  $\Xi = ((\Theta, R^*), (\Omega, \Psi), P(R^*, \Psi))$  предметной области  $(\Theta, R^*)$ .

#### Утверждение 1.1

Пусть  $R \in R^*$ , размерность отношения  $R$  равна  $n$ ,  $(K_1, K_2, \dots, K_n), (L_1, L_2, \dots, L_n) \in \{H, \Pi\}^n$ ,  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}$  и  $p_{L_1 L_2 \dots L_n}^{(R)}$  – согласованные с  $R$  предикаты из  $P(R^*, \Psi)$ . Пусть, далее,  $\forall i = \overline{1, n}$  или  $K_i = L_i$ , или  $K_i = \Pi$ , а  $L_i = H^{(*)}$ . Тогда для любых  $w_1, w_2, \dots, w_n \in \Omega$   $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) \Rightarrow p_{L_1 L_2 \dots L_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n)$ .

#### Доказательство

Пусть при заданных условиях  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) = 1$ . Покажем, что в этом случае  $p_{L_1 L_2 \dots L_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) = 1$ .

По определению согласованности в указанном случае  $\exists T \in T_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n)$  такое, что  $T$  удовлетворяет условиям (I) для  $R$ . Заметим теперь, что, согласно утверждению 1.1, из условия (\*) следует, что  $T_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n) \subset T_{L_1 L_2 \dots L_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n)$ . Тогда  $T \in T_{L_1 L_2 \dots L_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n)$  и  $T$  удовлетворяет условиям (I) для отношения  $R$ . Следовательно, по определению согласованности,  $p_{L_1 L_2 \dots L_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) = 1$ . ■

Содержательная интерпретация утверждения приведенного утверждения состоит в следующем. Если истинное значение принимает согласованный предикат, относящийся к классу объектов, характеризующему некоторым его аргументом в целом, то истинное значение должен также принимать и согласованный предикат, относящийся к некоторому подклассу класса объектов, характеризующему этим аргументом.

Заметим, что утверждение о том, что в этом случае истинное значение должны принимать все предикаты данного семейства, относящиеся к любым подклассам класса, характеризующего аргументом, не может быть доказано в рамках рассматриваемой модели. В дальнейшем будет приведена интерпретация этого факта и рассмотрены соответствующие примеры.

Рассмотрим теперь существенные свойства модели замкнутых онтологий предметной области, связанные с отношением равенства (совпадения) объектов предметной области. Будем полагать, что множество  $R^*$  отношений предметной области  $(\Theta, R^*)$  содержит бинарное отношение равенства объектов

(=) и рассмотрим согласованное с этим отношением семейство предикатов  $P^{(=)}$  множества предикатов  $P(R^*, \Psi)$  онтологии  $\Xi$  со словарем  $(\Omega, \Psi)$ .

**Утверждение 1.2**

При заданных условиях  $\forall w_1, w_2 \in \Omega$ :

1.  $P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) = 1 \Leftrightarrow \Psi(w_1) = \Psi(w_2)$ .
2.  $P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) = 1 \Leftrightarrow \Psi(w_1) \subset \Psi(w_2)$ .
3.  $P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) = 1 \Leftrightarrow \Psi(w_2) \subset \Psi(w_1)$ .
4.  $P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) = 1 \Leftrightarrow \Psi(w_1) \cap \Psi(w_2) \neq \emptyset$ .

**Доказательство**

Рассмотрим произвольные  $w_1, w_2 \in \Omega$  и покажем, что  $P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) = 1 \Leftrightarrow \Psi(w_1) = \Psi(w_2)$ .

Пусть  $P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) = 1$ . По определению согласованности предиката  $P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2)$  это возможно тогда и только тогда, когда  $\exists T \in T^{(\Psi)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) = \{(\Psi(w_1), \Psi(w_2))\}$ , удовлетворяющее условиям (I). Выполнение условий (I) в данном случае означает, что  $\forall x \in \Psi(w_1) \exists y \in \Psi(w_2): y = x$  и  $\forall y \in \Psi(w_2) \exists x \in \Psi(w_1): x = y$ , или, равносильно,  $\Psi(w_1) = \Psi(w_2)$ .

Пусть  $P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) = 1$ . По определению согласованности предиката  $P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2)$  это возможно тогда и только тогда, когда  $\exists T \in T^{(\Psi)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) = \{(\Psi(w_1), T_2) \mid T_2 \subset \Psi(w_2)\}$ , удовлетворяющее условиям (I). Выполнение условий (I) в данном случае означает, что  $\exists \tilde{T}_2 \subset \Psi(w_2)$  такое, что  $\forall x \in \Psi(w_1) \exists y \in \tilde{T}_2: y = x$  и  $\forall y \in \tilde{T}_2 \exists x \in \Psi(w_1): x = y$ , или, равносильно,  $\Psi(w_1) \subset \Psi(w_2)$ . Аналогичным образом несложно показать, что  $P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) = 1 \Leftrightarrow \Psi(w_2) \subset \Psi(w_1)$ .

Пусть  $P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) = 1$ . По определению согласованности предиката  $P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2)$  это возможно тогда и только тогда, когда  $\exists T \in T^{(\Psi)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) = \{(T_1, T_2) \mid T_1 \subset \Psi(w_1), T_2 \subset \Psi(w_2)\}$ , удовлетворяющее условиям (I). Выполнение условий (I) в данном случае означает, что  $\exists \tilde{T}_1 \subset \Psi(w_1), \tilde{T}_2 \subset \Psi(w_2)$  такие, что  $\forall x \in \tilde{T}_1 \exists y \in \tilde{T}_2: y = x$  и  $\forall y \in \tilde{T}_2 \exists x \in \tilde{T}_1: x = y$ , или, равносильно, что  $\Psi(w_1) \cap \Psi(w_2) \neq \emptyset$ . ■

**Следствие 1**

$\forall w \in \Omega, \forall K_1, K_2 \in \{H, \Pi\} P^{(=)}_{K_1, K_2}(w, w) = 1$ .

**Следствие 2**

$P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) = 1 \Leftrightarrow (P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) = 1 \wedge P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) = 1$ .

Семейство предикатов  $P^{(=)}$  является ключевым для проведения дальнейших рассуждений, так как при рассмотрении свойств

замкнутой онтологии предикаты этого семейства отражают отношение включения классов объектов предметной области. В свою очередь, представление в онтологии предметной области отношения включения ее классов позволяет переходить к рассмотрению более сложных отношений объектов и взаимозависимости этих отношений. В дальнейшем в соответствии с утверждением 1.2 называть предикаты семейства  $P^{(=)}$  предикатами пересечения понятий.

Отметим, что использование онтологий, содержащих только предикаты пересечения понятий вида  $P^{(=)}_{\text{пп}}$ , сводит модель согласованных онтологий к модели диаграмм Венна, отражающей отношения включения множеств и являющейся, таким образом, частным случаем модели согласованных онтологий.

**Утверждение 1.3**

Пусть  $\forall w_1, w_2, w_3 \in \Omega$ . Тогда:

1.  $(P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) \wedge P^{(=)}_{\text{пп}}(w_2, w_3)) \Rightarrow P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_3)$ .
2.  $(P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) \wedge P^{(=)}_{\text{пп}}(w_2, w_3)) \Rightarrow P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_3)$ .
3.  $(P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) \wedge P^{(=)}_{\text{пп}}(w_2, w_3)) \Rightarrow P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_3)$ .
4.  $(P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) \wedge P^{(=)}_{\text{пп}}(w_2, w_3)) \Rightarrow P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_3)$ .
5.  $(P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) \wedge P^{(=)}_{\text{пп}}(w_2, w_3)) \Rightarrow P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_3)$ .
6.  $(P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) \wedge P^{(=)}_{\text{пп}}(w_2, w_3)) \Rightarrow P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_3)$ .
7.  $(P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) \wedge P^{(=)}_{\text{пп}}(w_2, w_3)) \Rightarrow P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_3)$ .
8.  $(P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) \wedge P^{(=)}_{\text{пп}}(w_2, w_3)) \Rightarrow P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_3)$ .
9.  $(P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) \wedge P^{(=)}_{\text{пп}}(w_2, w_3)) \Rightarrow P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_3)$ .
10.  $(P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) \wedge P^{(=)}_{\text{пп}}(w_2, w_3)) \Rightarrow P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_3)$ .

**Доказательство**

Рассмотрим произвольные  $w_1, w_2, w_3 \in \Omega$ .

В соответствии с утверждением 1.2  $(P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) \wedge P^{(=)}_{\text{пп}}(w_2, w_3)) \Leftrightarrow (\Psi(w_1) = \Psi(w_2) \text{ и } \Psi(w_2) = \Psi(w_3)) \Rightarrow (\Psi(w_1) = \Psi(w_3)) \Leftrightarrow P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_3)$ .

В соответствии с утверждением 1.2  $(P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_2) \wedge P^{(=)}_{\text{пп}}(w_2, w_3)) \Leftrightarrow (\Psi(w_1) = \Psi(w_2) \text{ и } \Psi(w_2) \subset \Psi(w_3)) \Rightarrow (\Psi(w_1) \subset \Psi(w_3)) \Leftrightarrow P^{(=)}_{\text{пп}}(w_1, w_3)$ .

Доказательство утверждений 3–10 осуществляется аналогичным образом. ■

Справедливость утверждения 1.3 показывает, что согласованная онтология адекватно отражает соотношения предикатов пересечения, связанные с транзитивностью отношения равенства объектов предметной области. Иными словами, существенным качеством согласованной онтологии пред-

метной области является то, что исключительно за счет собственной структуры она обеспечивает логический вывод всех возможных утверждений о включении классов объектов.

**Утверждение 1.4**

Пусть  $R \in R^*$ , размерность отношения  $R$  равна  $n$ ,  $(K_1, K_2, \dots, K_n) \in \{H, \Pi\}^n$ ,  $(w_1, w_2, \dots, w_n) \in \Omega$ ,  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}$  – согласованный с  $R$  предикат из  $P(R^*, \Psi)$  и  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}$   $(w_1, w_2, \dots, w_n) = 1$ . Пусть, далее,  $\exists k = 1, n : K_k = H$ . Тогда  $\exists v \in \Omega$  такое, что  $P_{\Pi}^{(=)}(v, w_k) = 1$  и  $p_{L_1 L_2 \dots L_n}^{(R)} = 1$ , где  $p_{L_1 L_2 \dots L_n}^{(R)}$  – согласованный с  $R$  предикат из  $P(R^*, \Psi)$ ,  $L_k = \Pi$  и  $L_i = K_i$  для  $i = 1, n : i \neq k$ .

**Доказательство**

Если при заданном наборе  $(L_1, L_2, \dots, L_n) \in \{H, \Pi\}^n$   $p_{L_1 L_2 \dots L_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) = 1$ , то положим  $v = w_k$ . В этом случае утверждение доказано.

Будем полагать, что  $p_{L_1 L_2 \dots L_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) = 0$ . По определению согласованного предиката из  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) = 1$  следует, что  $\exists T = (T_1, T_2, \dots, T_n) \in T_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n)$  такое, что  $T$  удовлетворяет условиям (I) для  $R$ , причем  $T_k \neq \Psi(w_k)$ , так как в противном случае  $p_{L_1 L_2 \dots L_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) = 1$  из определения  $T_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(\Psi)}$  и согласованности  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}$ .

Пусть  $v \in \Psi^{-1}(T_k)$ , т.е.  $v$  – один из прообразов класса объектов  $T_k$  при отображении  $\Psi$ . Такое  $v$  существует в силу сюръективности  $\Psi$ , причем  $v \neq w_k$ , так как  $T_i \neq \Psi(w_i)$ , и  $(P_{\Pi}^{(=)}(v, w_k) = 1$  по утверждению 1.2, так как  $\Psi(v) = T_i \subset \Psi(w_i)$ . Заметим теперь, что, в соответствии с определением множества  $T_{L_1 L_2 \dots L_n}^{(w)}(w_1, w_2, \dots, w_{k-1}, v, w_{k+1}, \dots, w_n) \in T_{L_1 L_2 \dots L_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_{k-1}, v, w_{k+1}, \dots, w_n)$  и  $T$ , как и ранее, удовлетворяет условиям (I) для  $R$ , откуда следует, что  $p_{L_1 L_2 \dots L_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_{k-1}, v, w_{k+1}, \dots, w_n) = 1$ , что требовалось показать. ■

Прикладное значение приведенного утверждения заключается в том, что в случае, когда предикат, относящийся к некоторому подклассу В класса объектов А, обозначающего его аргументом, принимает истинное значение, она гарантирует наличие среди понятий словаря  $(\Omega, \Psi)$  предметной области  $(\Theta, R^*)$  такого понятия, которое соответствует классу В и для которого существует предикат того же семейства, что и исходный, принимающий истинное значение и относящийся ко

всему классу В. При этом отношение обоих предикатов к другим аргументам сохраняется неизменным.

**Утверждение 1.5**

Пусть  $R \in R^*$ ,  $R \neq (=)$ , размерность отношения  $R$  равна  $n$ ,  $(K_1, K_2, \dots, K_n) \in \{H, \Pi\}^n$ ,  $(w_1, w_2, \dots, w_n) \in \Omega$ ,  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}$  – согласованный с  $R$  предикат из  $P(R^*, \Psi)$  и  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) = 1$ . Пусть, далее,  $\exists v \in \Omega : P_{\Pi}^{(=)}(v, w_k) = 1$  для некоторого  $k : 1 \leq k \leq n$ . Тогда  $\exists v_1, v_2, \dots, v_{k-1}, v_{k+1}, \dots, v_n \in \Omega$  такие, что:

- 1)  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(v_1, v_2, \dots, v_{k-1}, v, v_{k+1}, \dots, v_n) = 1$ ;
- 2)  $\forall i = 1, n : i \neq k \ P_{\Pi}^{(=)}(v_i, w_i) = 1$ .

**Доказательство**

Если  $v = w_k$ , то для доказательства утверждения достаточно принять  $v_i = w_i$  для всех  $i = 1, 2, \dots, k-1, k+1, \dots, n$ . Рассмотрим случай, когда  $v \neq w_k$ .

Пусть  $R \in R^*$ ,  $(K_1, K_2, \dots, K_n) \in \{H, \Pi\}^n$ ,  $(w_1, w_2, \dots, w_n) \in \Omega$ ,  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) = 1$ . По определению согласованности предиката  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)} \exists T = (T_1, T_2, \dots, T_n) \in T_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n)$ , удовлетворяющее условиям (I) для отношения  $R$ .

Пусть для всех  $i = 1, 2, \dots, k-1, k+1, \dots, n \ v_i \in \Psi^{-1}(T_i)$ , тогда  $P_{\Pi}^{(=)}(v_i, w_i) = 1$ , так как  $T_i \subset \Psi(w_i)$ . Заметим, что, по определению  $T_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(\Psi)}(v_1, v_2, \dots, v_{k-1}, v, v_{k+1}, \dots, v_n) \in T_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(\Psi)}(v_1, v_2, \dots, v_{k-1}, v, v_{k+1}, \dots, v_n)$ , откуда  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(v_1, v_2, \dots, v_{k-1}, v, v_{k+1}, \dots, v_n) = 1$ , так как  $T$  по прежнему удовлетворяет условиям (I). ■

Заметим, что утверждение не исключает случай, когда понятие  $v_i$  для некоторых  $i = 1, 2, \dots, n, i \neq k$ , совпадает с  $w_i$ , что возможно вследствие специфических свойств предметной области.

Будем интерпретировать утверждение следующим образом. Пусть некоторое высказывание относится ко всему классу объектов, обозначаемому некоторым его аргументом, и принимает истинное значение. Тогда всякое высказывание этого же семейства, относящееся к любым подклассам обозначаемого этим аргументом класса, должно также принимать истинное значение, что позволяет осуществлять в рамках модели согласованных онтологий логический вывод, связанный с передачей произвольных свойств и связей классов объектов предметной области на их подклассы.

### Применение аппарата согласованных онтологий

Рассмотрим некоторые аспекты применения предложенного в настоящей работе математического аппарата представления и обработки знаний о предметной области.

Прежде всего остановимся на вопросах представления при помощи согласованной онтологии информации о состоянии предметной области. В ряде работ, посвященных вопросам представления знаний при помощи математических моделей, постулируется необходимость жесткого разделения множеств концептов и объектов предметной области [2, 7]. В большинстве работ, посвященных этому вопросу, рассматривается возможность совместного использования атомов-концептов и атомов-объектов, однако вопрос отделения концептов (денотатов) от конкретных объектов выносится за рамки модели [8, 2]. Преимуществом представления информации о предметной области при помощи модели согласованных онтологий является то, что в ней вопрос о разделении концептов и объектов решается на этапе построения математической модели и описания ее свойств.

Предлагаемый в рамках настоящей работы подход отличается тем, что в качестве множества-носителя модели используется множество понятий словаря предметной области, обозначающих непустые классы объектов предметной области. Следует отметить, что в рамках рассматриваемой модели не всем понятиям словаря должны соответствовать лексемы языка, при помощи которого осуществляется описание состояния предметной области. Однако для любого понятия словаря должен быть однозначно определен класс объектов (предметов, событий, фактов и т.д.) предметной области, описываемых этим понятием. Очевидно, что интерес для исследования представляют только нетривиальные словари, позволяющие различать классы объектов предметной области.

Объекты предметной области не представляются в модели согласованных онтологий непосредственно, но всегда могут быть

восстановлены при помощи внешнего по отношению к модели отображения интерпретации понятий. Сюръективность отображения интерпретации гарантирует наличие в словаре (и, следовательно, в модели) понятий для обозначения любого класса объектов предметной области.

Основным элементом модели, обеспечивающим адекватное представление информации о состоянии предметной области, являются семейства предикатов, согласованные с отношениями между объектами. Согласованные с отношениями объектов предметной области предикаты задаются на понятиях предметной области, при этом каждому аргументу предиката сопоставлен параметр, показывающий, относится утверждение предиката ко всему классу, обозначаемому аргументом, или к некоторому подклассу этого класса. Заметим, что параметры, показывающие, относится предикат ко всему классу, обозначаемому аргументом, или нет, близки по смыслу к кванторам исчисления предикатов, однако в общем случае не совпадают с ними (в качестве примера достаточно отметить, что квантор существования не исключает единственности существующего объекта, что может противоречить вложенности классов в предметной области).

Таким образом, любая строгая информация об отношениях объектов предметной области и их классов может быть сформулирована в терминах предикатов согласованной онтологии, при этом описание состояния предметной области образует булеву алгебру. Если такая алгебра содержит семейство предикатов пересечения классов (это условие выполняется в подавляющем большинстве случаев), то ее предикаты можно рассматривать в качестве специфических правил логического вывода. Такой подход позволяет рассматривать модель согласованных онтологий в качестве средства решения второй важной проблемы представления и обработки знаний, связанной с двойственным характером сведений о состояниях предметной области: информация о состоянии может рассматриваться в зависимости от логики обработки модели и как данные, и как правила обработки этих данных [6].

Описание как реальных, так и потенциальных состояний предметной области при помощи булевых алгебр позволяет хранить в каждый момент времени в рабочей памяти экспертной системы сравнительно небольшое количество данных, восстанавливая необходимые значения предикатов по мере необходимости за счет свойств этих алгебр. Следует также отметить, что при использовании модели согласованных предикатов не требуется хранить в рабочей памяти информацию о конкретных объектах предметной области. Вследствие сокращения объемов хранимой в рабочей памяти информации, а также использования данных о предметной области в качестве специфических правил вывода, кроме того, ожидается существенное снижение временной сложности алгоритмов обработки знаний [5].

Как уже было отмечено выше, комплексность представления знаний о предметной области позволяет применять онтологические модели, и, в частности, предложенную модель согласованных онтологий, для представления знаний в интеллектуальных системах дистанционного обучения. Автоматическое или автоматизированное формирование такой онтологической модели должно происходить на этапе разработки учебного курса преподавателем. Следует отметить, что, поскольку проблема семантического анализа произвольного связного текста (дискурса) в настоящее время не имеет удовлетворительного решения, обеспечивающего возможность автоматического построения формализованной системы знаний о предметной области, преподавателю необходимо проводить дополнительную работу по структуризации учебного материала (например, разбиение его на отдельные факты и указание взаимосвязей между ними). Это позволяет осуществлять анализ сравнительно небольших (1–3 предложения) фрагментов текста; в этом случае существующие методы автоматизированного семантического анализа позволяют выделить формальные структуры, адекватно отражающие сведения о предметной области [2, 5, 8].

В свою очередь, представление материалов учебного курса на основе онтологи-

ческой модели знаний о предметной области позволяет построить статическую модель знаний обучающегося на основе вектора вероятностей понимания им отдельных фактов (характеристик объектов, их взаимосвязей, отношений, предикатов и т.д.). Необходимо отметить, что как статическая, так и формируемая на ее базе динамическая модели знаний обучающегося включают также и набор ограничений, определяющих зависимости между вероятностями понимания отдельных фактов на основе логической взаимосвязи этих фактов.

Изменение вероятностей понимания обучающимся отдельных фактов должно осуществляться как при выполнении им контрольных заданий, так и в процессе работы с текстом лекционных занятий. Иными словами, в случае использования закрытых тестовых заданий для всех вариантов ответов должны быть указаны изменения динамической модели знаний обучающегося, выполняемые при выборе этих вариантов; в случае использования открытых тестовых заданий – эталонный ответ на контрольный вопрос, на основании которого изменения в динамической модели осуществляются автоматически. Наиболее перспективным методом контроля работы обучающегося с лекционным материалом и усвоения им содержащихся в нем знаний является алгоритм, основанный на методике конспектирования текста лекции и заключающийся в выборе обучающимся наиболее важных фрагментов текста лекции и оценке результатов этого выбора на основе предусмотренного преподавателем эталона. В случае, когда коэффициенты полноты и точности составленного обучающимся конспекта удовлетворяют установленным преподавателем ограничениям, модель знаний обучающегося модифицируется в соответствии с предварительно указанными преподавателем правилами изменения вероятностей понимания отдельных фактов в зависимости от включенных в конспект лекции фрагментов [5].

Использование динамической модели знаний обучающегося для интеллектуального адаптивного управления его познавательной деятельностью в ИСДО состоит в авто-

математическом построении последовательности предъявления обучающемуся элементов учебного курса (страниц лекционных занятий, контрольных заданий и т.д.) таким образом, чтобы в минимальные сроки приблизить вероятность понимания отдельных фактов к их целевым значениям. При этом программное обеспечение ИСДО при модификации динамической модели знаний обучающегося должно автоматически учитывать как изменения указанных вероятностей по результатам его действий (ответов на контрольные вопросы, результатов конспектирования), так и зависимость значений вероятностей, основанную на логических отношениях между фактами (предикатами модели).

Наиболее перспективным методом управления познавательной деятельностью обучающегося и контроля его знаний является автоматическая генерация программным обеспечением ИСДО элементов учебного курса (страниц, заданий) в зависимости от соотношения целевых и реальных вероятностей понимания обучающегося отдельных фактов. В настоящее время разработаны и опробованы алгоритмы автоматической генерации закрытых тестовых заданий [2], однако не обнаружено удовлетворительного решения для задачи генерации страниц лекций в силу ее существенно большей сложности, связанной с необходимостью автоматического формирования больших фрагментов связного текста на естественном языке.

В рамках настоящей работы, в силу ее ограниченного объема, рассмотрены только основные теоретические результаты, связанные с исследованием свойств согласованных онтологий. В частности, фактически не рассмотрены вопросы, связанные с обработкой ложных и противоречивых высказываний, использованием правил вывода на базе формул исчисления предикатов, описанием условий явного порождения подклассов для классов, описываемых аргументами высказываний и т.д. Тем не менее, приведенная базовая математическая модель и перечисленные прикладные алгоритмы обеспечивают необходимую теоретическую основу для реализации

интеллектуальной системы дистанционного обучения.

На основе предложенной модели представления знаний о предметной области были разработаны алгоритмы автоматизированной структуризации сведений о предметной области, представленных в виде естественных языковых текстов, и методы автоматизированного формирования индивидуальной траектории обучения в системе автоматизации обучения, которые предполагается подробно рассмотреть в последующих работах.

### Библиографический список

1. Беляев, К.В. Онтологическая модель представления знаний о предметной области в системе дистанционного обучения / К.В. Беляев // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2010, – № 1 (70).
2. Беляев, К.В. Программные средства повышения качества обучения в сфере изучения действующей нормативно-правовой базы / К.В. Беляев // Открытое образование. – 2005. – № 5 (52).
3. Беляев, К.В. Метод формирования тестовых заданий для системы оценки знаний при изучении нормативных правовых актов // XXXIII Международная конференция «Информационные технологии в науке, образовании, социологии и бизнесе» IT+SE'2005 (осенняя сессия): Тез. докл. – М., 2005.
4. Искусственный интеллект. – в 3-х кн. Кн. 2. Модели и методы: Справочник // Под ред. Д.А. Поспелова – М.: Радио и связь, 1990.
5. Клещев А.С., Артемьева И.Л. Математические модели онтологий предметных областей. Часть 1. Существующие подходы к определению понятия «онтология»; Часть 2. Компоненты модели. // НТИ. Сер. 2 «Информационные процессы и системы», 2001, № 2.
6. Колобашкин, С.М. Оценка знаний обучаемого о предметной области в системе автоматизации профессионального обучения / С.М. Колобашкин, К.В. Беляев // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2006. – № 1.
7. Попов, Э.В. Общение с ЭВМ на естественном языке / Э.В. Попов. – М.: Едиториал УРСС, 2004.
8. Рубашкин, В.Ш. Представление и анализ смысла в интеллектуальных информационных системах. – М.: Наука, 1989.
9. Jackson P. *Introduction to Expert Systems*. – Addison-Wesley, 2001.
10. Salton G. *Automatic Text Processing: The Transformation, Analysis, and Retrieval of Information by Computer*. – Addison-Wesley, 1989.

## ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ О ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ В СИСТЕМЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

К.В. БЕЛЯЕВ, *н. с. лаборатории ТВП*

*sirconst@yandex.ru*

**В** настоящее время в сфере автоматизации непрерывного профессионального образования основным направлением развития программных средств автоматизации обучения (систем дистанционного обучения, СДО) являются индивидуализация и повышение адаптивности процесса обучения в соответствии с потребностями конкретного обучающегося.

Наиболее эффективным методом решения этой проблемы является создание и внедрение интеллектуальных систем дистанционного обучения (ИСДО), обеспечивающих гибкое управление познавательной деятельностью обучающегося на основе моделей и методов искусственного интеллекта. В настоящей работе предложена онтологическая модель представления знаний о предметной области, предназначенная для построения на ее основе интеллектуальных алгоритмов управления процессом обучения. Разработка таких алгоритмов является особенно актуальной для системы непрерывного профессионального образования, где обучение в большинстве случаев осуществляется без отрыва от профессиональной деятельности и преподаватель-эксперт не может оперативно реагировать на изменение потребностей обучающихся.

В соответствии с большинством принятых в настоящее время определений, онтологией предметной области называют ее логическую модель, включающую множество рассматриваемых объектов, заданный набор отношений между объектами и фиксированный набор ограничений целостности (в частности правил вывода), накладываемых на экземпляры этих отношений и позволяющий полностью или частично восстанавливать недостающие экземпляры [3]. Онтологические модели предназначены для формального комплексного представления пространственных, временных, логических

и др. взаимоотношений объектов предметной области [5].

Вследствие этого одним из наиболее перспективных направлений применения онтологических моделей является представление знаний о предметной области в интеллектуальных системах дистанционного обучения. Основное свойство онтологических моделей – комплексность и полнота описания основных знаний о фрагменте предметной области – обеспечивает возможность построения на их основе интеллектуальных алгоритмов, ориентированных на управление познавательным процессом и контроль усвоения полученных знаний. В настоящее время разработаны программные средства, основанные на таких моделях и алгоритмах и позволяющие индивидуализировать процесс обучения за счет построения и модификации персональной динамической модели знаний обучающегося [5].

В настоящей работе приведено описание специализированной модели предметной области, направленной в первую очередь на формальное представление учебных материалов в виде совокупности утверждений (суждений, высказываний) о некоторой предметной области. В частности, приведены базовые определения и ограничения, на основе которых построено формальное описание тематической модели представления знаний о предметной области на основе согласованных онтологий. Рассмотрены простейшие свойства согласованных онтологий и их элементов и показано, что информацию о состояниях предметной области возможно представлять в виде булевой алгебры некоторой согласованной онтологии.

В последующих работах предполагается рассмотреть ряд утверждений о свойствах предложенной онтологической модели и описать методы индивидуализации обучения, основанные на ее использовании.

**1. Согласованные онтологии предметной области**

В настоящем разделе приведены основные определения и утверждения, необходимые для формального обоснования рассматриваемой далее модели представления и обработки информации о предметной области.

**Определение 1.1**

Предметной областью будем называть упорядоченную пару  $(\Theta, R^*)$ , где  $\Theta$  – множество объектов предметной области, а  $R^* = \{R_i \mid R_i \subset \Theta^{k_i}, k_i \in \mathbb{N}, k_i > 1, i = \overline{1, N}\}$  – множество отношений предметной области,  $N$  – число отношений. Будем называть предметную область  $(\Theta, R^*)$  нетривиальной, если  $\Theta \neq \emptyset$  и  $\exists i = \overline{1, N} : R_i \neq \emptyset$ .

Зафиксируем некоторую нетривиальную предметную область  $(\Theta, R^*)$ .

**Определение 1.2**

Словарем предметной области  $(\Theta, R^*)$  будем называть упорядоченную пару  $(\Omega, \Psi)$ , где  $\Omega$  – непустое множество понятий словаря,  $\Psi : \Omega \rightarrow (2^\Theta \setminus \emptyset)$  – сюръективное отображение интерпретации понятий (здесь  $2^\Theta$  – множество всех подмножеств  $\Theta$ ). Будем называть словарь  $(\Omega, \Psi)$  нетривиальным, если  $\exists w_1, w_2 \in \Omega : \Psi(w_1) \neq \Psi(w_2)$ , т.е. его понятия содержательны и позволяют различать, по меньшей мере, два класса объектов предметной области.

Таким образом, каждое понятие словаря интерпретируется как некоторый класс объектов предметной области. В свою очередь объект предметной области может характеризоваться несколькими понятиями словаря в зависимости от контекста.

Зафиксируем некоторое  $n$ -местное отношение  $R \in R^*$  предметной области  $(\Theta, R^*)$ . Рассмотрим на множестве понятий  $\Omega$  нетривиального словаря  $(\Omega, \Psi)$  этой предметной области некоторое связанное с  $R$  семейство  $n$ -арных предикатов  $\{p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)} : \Omega^n \rightarrow \{0, 1\}, (K_1, K_2, \dots, K_n) \in \{H, \Pi\}^n\}$ .

Пусть для  $(K_1, K_2, \dots, K_n) \in \{H, \Pi\}^n$  здесь и во всех дальнейших рассуждениях  $T_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n) = \{(T_1, T_2, \dots, T_n) \mid T_i = \Psi(w_i), \text{ если } K_i = \Pi, \text{ и } T_i \subset \Psi(w_i), T_i \neq \emptyset, \text{ если}$

$K_i = H\}$  – множество всевозможных комбинаций образов понятий  $w_1, w_2, \dots, w_n \in \Omega$  при их интерпретации с помощью отображения  $\Psi$ , с ограничениями, определяемыми значениями параметров  $K_1, K_2, \dots, K_n$ . Заметим, что при таком определении  $\forall T = (T_1, T_2, \dots, T_n) \in T_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n), \forall i = \overline{1, N}, T_i \neq \emptyset$ .

**Утверждение 1.1**

Пусть  $(K_1, K_2, \dots, K_n), (L_1, L_2, \dots, L_n) \in \{H, \Pi\}^n$  и  $\forall i = \overline{1, N}$  или  $K_i = L_i$ , или  $K_i = \Pi$ , а  $L_i = H$ . Тогда для любых  $w_1, w_2, \dots, w_n \in \Omega$   $T_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n) \subset T_{L_1 L_2 \dots L_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n)$ .

**Доказательство**

Пусть  $k = \overline{1, n}, 1 \leq i_1 \leq i_2 \leq \dots \leq i_k \leq n$ .

такие, что  $K_{i_j} = \Pi, L_{i_j} = H, j = \overline{1, k}$  и  $K_i = L_i, i \neq i_1, i_2, \dots, i_k$ . Рассмотрим произвольное

$$T = (T_1, T_2, \dots, T_{i_1}, \dots, T_{i_2}, \dots, T_{i_k}, \dots, T_n) \in T_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_{i_1}, \dots, w_{i_2}, \dots, w_{i_k}, \dots, w_n).$$

По определению

$$T_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n) T_{i_j} = \Psi(w_{i_j}), j = \overline{1, k}.$$

Заметим теперь, что, по определению

$$\begin{aligned} & T_{L_1 L_2 \dots L_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n), \\ & (T_1, T_2, \dots, T_{i_1-1}, A_{i_1}, T_{i_1+1}, \dots, T_{i_2-1}, A_{i_2}, \\ & T_{i_2+1}, \dots, T_{i_k-1}, A_{i_k}, T_{i_k+1}, \dots, T_n) \in \\ & \in T_{L_1 L_2 \dots L_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n) \end{aligned}$$

при всех

$A_{i_1}, A_{i_2}, \dots, A_{i_k}$  таких, что

$$A_{i_1} \subset \Psi(w_{i_1}), A_{i_2} \subset \Psi(w_{i_2}), \dots, A_{i_k} \subset \Psi(w_{i_k}).$$

В частности, при  $A_{i_j} = \Psi(w_{i_j}) = T_{i_j}, j = \overline{1, k}$  получаем  $T \in T_{L_1 L_2 \dots L_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n)$ . Так как  $T$  выбиралось произвольно, то  $T_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n) \subset T_{L_1 L_2 \dots L_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n)$ , что требовалось показать. ■

Будем говорить, что  $T = (T_1, T_2, \dots, T_n) \in T_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n)$  удовлетворяет условиям (I) для некоторого отношения  $R \in R^*$ , если  $\forall i = \overline{1, n} \forall x_i = T_i \exists x_1 \in T_1, \dots, x_{i-1} \in T_{i-1}, x_{i+1} \in T_{i+1}, \dots, x_n \in T_n$  такие, что  $(x_1, x_2, \dots, x_n) \in R$ .

**Определение 1.3**

Зафиксируем набор  $(K_1, K_2, \dots, K_n) \in \{H, \Pi\}^n$ . Предикат  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n)$  на множестве понятий  $\Omega$  словаря  $(\Omega, \Psi)$  предметной области  $(\Theta, R^*)$  будем называть согласованным с

отношением  $R \in R^*$  при интерпретации  $\Psi$ , если  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) = 1 \Leftrightarrow \exists T = (T_1, T_2, \dots, T_n) \in T_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n)$  такое, что  $T$  удовлетворяет условиям (I) для отношения  $R$ .

Иными словами, предикат  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n)$  является согласованным с отношением  $R$  предметной области  $(\Theta, R^*)$ , если он принимает истинное значение только на тех понятиях словаря, для которых при интерпретации  $\Psi$  существуют соответствующие наборы объектов, входящих в отношение  $R$ . Наборы объектов при этом выбираются только среди элементов множества  $T_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n)$ , определяемого значениями параметров  $K_1, K_2, \dots, K_n$ .

Содержательно согласованные предикаты позволяют переходить от рассмотрения отношений между объектами к рассмотрению высказываний о классах объектов, характеризуемых понятиями словаря. При этом параметр  $K_i$  высказывания показывает, относится оно ко всему классу объектов, обозначаемому понятием  $w_i$  при интерпретации  $\Psi$ , или только к его некоторому подклассу. Будем в дальнейшем считать, что высказывание  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n)$  относится ко всему классу объектов  $\Psi(w_i z)$ , если  $K_i = \Pi$ , и к его некоторому подклассу  $T_i \subset \Psi(w_i)$ , если  $K_i = \text{H}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ .

### Утверждение 1.2

Пусть  $(\Theta, R^*)$  – любая нетривиальная предметная область,  $(\Omega, \Psi)$  – ее произвольный нетривиальный словарь. Тогда для любого отношения  $R \in R^*$  и любого фиксированного набора  $(K_1, K_2, \dots, K_n) \in \{\text{H}, \Pi\}^n$ , где  $n$  – размерность отношения  $R$ , на  $\Omega$  существует единственный согласованный с  $R$  предикат  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)} : \Omega^n \rightarrow \{0, 1\}$ .

### Доказательство

Пусть  $(K_1, K_2, \dots, K_n) \in \{\text{H}, \Pi\}^n$ ,  $R \in R^*$ . Покажем, что на  $\Omega$  существует согласованный с отношением  $R$  предикат.

Пусть  $w_1, w_2, \dots, w_n \in \Omega$ . Определим множества  $S_i$  следующим образом:  $S_i = \{x_i \in \Psi(w_i)\}$ , причем для всякого  $x_i \in S_i$   $\exists x_1 \in \Psi(w_1), \dots, x_{i-1} \in \Psi(w_{i-1}), x_{i+1} \in \Psi(w_{i+1}), \dots, x_n \in \Psi(w_n)$  такие, что  $(x_1, x_2, \dots, x_n) \in R$ . Положим  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) = 1$ , если  $S_i = \Psi(w_i)$  для всех  $i = 1, n$

таких, что  $K_i = \Pi$ , и  $S_i \cap \Psi(w_i) \neq \text{H}$  для всех  $i = 1, n$  таких, что  $K_i = \text{H}$ . Во всех остальных случаях будем полагать

$$p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) = 0.$$

Покажем, что построенный предикат  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}$  является согласованным с отношением  $R$ . Предположим, что для  $v_1, v_2, \dots, v_n \in \Omega$   $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(v_1, v_2, \dots, v_n) = 1$ . Пусть  $\forall i = 1, n$   $T_i = \Psi(v_i) \cap S_i$ . Множества  $T_i$  непустые, так как иначе или  $\Psi(v_i) \neq \text{H}$  (что противоречит нетривиальности словаря), или  $S_i \cap \Psi(v_i) \neq \text{H}$  (чего не может быть по построению). Тогда  $T = (T_1, T_2, \dots, T_n) \in T_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n)$ , так как  $T_i = \Psi(v_i)$  для всех  $i = 1, n$  таких, что  $K_i = \Pi$ , и  $T_i \subset \Psi(v_i)$ ,  $T_i \neq \text{H}$  для всех  $i = 1, n$  таких, что  $K_i = \text{H}$  и по построению  $T$  удовлетворяет условиям (I) для  $R$ .

Обратно, пусть некоторое  $T = (T_1, T_2, \dots, T_n) \in T_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n)$  удовлетворяет условиям (I) для  $R$ . Тогда, по построению множеств  $S_i$ ,  $T_i = S_i$  для всех  $i = 1, n$  таких, что  $K_i = \Pi$ , и  $T_i \subset S_i$  для всех  $i = 1, n$  таких, что  $K_i = \text{H}$ . Так как  $\forall i = 1, n$   $T_i \neq \text{H}$  по определению множества  $T^{(R)}$  и из нетривиальности словаря, то  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) = 1$  по построению.

Покажем единственность согласованного с отношением  $R$  предиката. Допустим, что для некоторого  $(K_1, K_2, \dots, K_n) \in \{\text{H}, \Pi\}^n$  на  $\Omega$  существуют два различных согласованных с  $R$  предиката  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}$  и  $q_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}$ . Рассмотрим некоторый набор  $w_1, w_2, \dots, w_n \in \Omega$ . Пусть, для определенности,  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) = 1$ . Тогда по определению согласованности  $\exists T = (T_1, T_2, \dots, T_n) \in T_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n)$  такое, что  $T$  удовлетворяет условиям (I) для отношения  $R$ . Следовательно, по определению согласованности  $q_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) = 1$ . Аналогично, если  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) = 0$ , то  $q_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) = 0$ . Следовательно,  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) = q_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n)$ . ■

### Определение 1.4

Семейство предикатов  $\{p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) : (K_1, K_2, \dots, K_n) \in \{\text{H}, \Pi\}^n\}$  на множестве понятий  $\Omega$  словаря  $(\Omega, \Psi)$  будем называть согласованным с отношением  $R$  предметной области  $(\Theta, R^*)$  при интерпретации  $\Psi$ , если для всякого  $(K_1, K_2, \dots, K_n) \in \{\text{H}, \Pi\}^n$  предикат  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) \in P^{(R)}$  является согласованным с отношением  $R$  при интерпретации  $\Psi$ .

### Утверждение 1.3

Пусть  $(\Theta, R^*)$  – любая нетривиальная предметная область,  $(\Omega, \Psi)$  – ее произвольный нетривиальный словарь. Тогда для любого отношения  $R \in R^*$  существует единственное согласованное с ним семейство предикатов  $P^{(R)} = \{P_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)} : \Omega^n \rightarrow \{0, 1\}, (K_1, K_2, \dots, K_n) \in \{H, \Pi\}^n\}$  на  $\Omega$ , где  $n$  – размерность отношения  $R$ .

#### Доказательство

Заметим, что, согласно утверждению 1, для всякого отношения  $R \in R^*$  и для всякого набора  $(K_1, K_2, \dots, K_n) \in \{H, \Pi\}^n$  существует единственный согласованный с  $R$  предикат  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)} : \Omega^n \rightarrow \{0, 1\}$ . Для обоснования утверждения достаточно рассмотреть все возможные наборы индексов  $(K_1, K_2, \dots, K_n) \in \{H, \Pi\}^n, i = 1, n$  и соответствующие им предикаты  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}$  и учесть уникальность этих наборов. ■

### Определение 1.5

Согласованной онтологией предметной области  $(\Theta, R^*)$  на базе словаря  $(\Omega, \Psi)$  будем называть упорядоченную тройку  $\Xi = ((\Theta, R^*), (\Omega, \Psi), P(R^*, \Psi))$ , где  $P(R^*, \Psi) = \bigcup_{R \in R^*} P^{(R)}$ . Здесь  $P^{(R)}$  есть согласованное семейство предикатов для отношения  $R \in R^*$ .

#### Следствие 1

Для любого предиката  $p \in P(R^*, \Psi)$  существует отношение  $R \in R^*$  такое, что  $p$  является согласованным предикатом для  $R$ .

#### Следствие 2

Для любой предметной области и ее произвольного словаря существует единственная согласованная онтология.

## 2. Булевы алгебры согласованной онтологии

Зафиксируем согласованную онтологию  $\Xi = ((\Theta, R^*), (\Omega, \Psi), P(R^*, \Psi))$  некоторой предметной области  $(\Theta, R^*)$ .

Будем интерпретировать семейство согласованных предикатов  $P^{(R)} = \{P_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)} : \Omega^n \rightarrow \{0, 1\}, (K_1, K_2, \dots, K_n) \in \{H, \Pi\}^n\}$  онтологии  $\Xi$  следующим образом: каждому аргументу  $w_i$  некоторого  $n$ -арного предиката  $p^{(R)}$

(понятию словаря) приписывается одно из значений  $K_i \in \{H, \Pi\}$ , показывающее, относится выражаемый предикатом факт ко всему классу объектов предметной области, описываемому понятием  $w_i$ , или лишь к некоторому его подклассу.

Отметим, что в некоторых случаях семейство предикатов  $P^{(R)}$  удобно рассматривать как некоторый единый двухосновный предикат

$$p^{(R)} : \Omega^n \times \{H, \Pi\}^n \rightarrow \{0, 1\},$$

задаваемый на множестве понятий  $\Omega$  словаря  $(\Omega, \Psi)$  и двухэлементном алфавите  $\{H, \Pi\}$ .

Рассмотренные предикаты на классах объектов являются базовыми элементами модели представления и обработки знаний о предметной области, применяемой для решения задачи исследования. Возможность использования в качестве аргументов предикатов, хранящихся в базе знаний о предметной области, не конкретных объектов, а абстрактных классов этих объектов представляет гибкий механизм описания явлений предметной области с учетом возможностей используемого словаря (т.е. фактически, возможностей используемого понятийного аппарата).

В дальнейшем будут приведены усовершенствования предложенной модели, расширяющие ее возможности по представлению и обработке знаний о предметной области. Первым из таких усовершенствований является построение на согласованной онтологии произвольных алгебр высказываний.

Определим операции  $\cap, \cup$  и  $—$  на отношениях между объектами предметной области.

### Определение 2.1

Пусть  $R, Q$  – произвольные отношения из  $R^*$ . Тогда:

$$R \cap Q = \{(w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, v_m) : (w_1, w_2, \dots, w_n) \in R \text{ и } (v_1, v_2, \dots, v_m) \in Q\}$$

$$R \vee Q = \{(w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, v_m) : (w_1, w_2, \dots, w_n) \in R \text{ и } (v_1, v_2, \dots, v_m) \in Q\}$$

$$\text{и } R = \{(w_1, w_2, \dots, w_n) : (w_1, w_2, \dots, w_n) \notin R\}.$$

Определим теперь операции  $\vee, \wedge$  и  $\neg$  на множестве согласованных предикатов  $P(R^*, \Psi)$  онтологии  $\Xi$ .

**Определение 2.2**

Для произвольных  $R, Q \in R^*$ ,  $(K_1, K_2, \dots, K_n), (L_1, L_2, \dots, L_m) \in \{H, \Pi\}^n$ ,  $w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, v_m \in \Omega$  (здесь  $n$  и  $m$  – размерность отношений  $R$  и  $Q$  соответственно):

$$p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) \wedge p_{L_1 L_2 \dots L_m}^{(Q)}(v_1, v_2, \dots, v_m) = 1 \Leftrightarrow \exists T \in T_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n)$$

и  $T$  удовлетворяет условиям (I) для отношения  $R$ , и, кроме того,  $\exists S \in T_{L_1 L_2 \dots L_m}^{(\Psi)}(v_1, v_2, \dots, v_m)$  и  $S$  удовлетворяет условиям (I) для отношения  $Q$ ;

$$p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) \vee p_{L_1 L_2 \dots L_m}^{(Q)}(v_1, v_2, \dots, v_m) = 1 \Leftrightarrow \exists T \in T_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n)$$

и  $T$  удовлетворяет условиям (I) для отношения  $R$  или  $\exists S \in T_{L_1 L_2 \dots L_m}^{(\Psi)}(v_1, v_2, \dots, v_m)$  и  $S$  удовлетворяет условиям (I) для отношения  $Q$ ;

$\neg p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) = 1 \Leftrightarrow$  для любого  $T \in T_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n)$  не выполняются условия (I) для отношения  $R$ .

**Утверждение 2.1**

Пусть  $\Xi$  – онтология нетривиальной предметной области  $(\Theta, R^*)$  на базе словаря  $(\Omega, \Psi)$ ,  $R^*$  замкнуто относительно операций  $\cap, \cup$  и  $\neg$ . Тогда

$p_{K_1 K_2 \dots K_n L_1 L_2 \dots L_m}^{(R \cap Q)}(w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, v_m) = p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) \wedge p_{L_1 L_2 \dots L_m}^{(Q)}(v_1, v_2, \dots, v_m)$ ,  
 $p_{K_1 K_2 \dots K_n L_1 L_2 \dots L_m}^{(R \cup Q)}(w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, v_m) = p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) \vee p_{L_1 L_2 \dots L_m}^{(Q)}(v_1, v_2, \dots, v_m)$  и  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) = \neg p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n)$  при любых значениях аргументов и параметров (рассматриваются только согласованные с соответствующими отношениями предикаты).

**Доказательство**

Зафиксируем произвольные  $R, Q \in R^*$  размерности  $n$  и  $m$  соответственно,

$$w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, v_m \in \Omega, (K_1, K_2, \dots, K_n) \in \{H, \Pi\}^n, (L_1, L_2, \dots, L_m) \in \{H, \Pi\}^m$$

и покажем, что для выбранных отношений, их параметров и аргументов

$$p_{K_1 K_2 \dots K_n L_1 L_2 \dots L_m}^{(R \cap Q)}(w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, v_m) = p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) \wedge p_{L_1 L_2 \dots L_m}^{(Q)}(v_1, v_2, \dots, v_m).$$

Для этого достаточно показать, что

$$p_{K_1 K_2 \dots K_n L_1 L_2 \dots L_m}^{(R \cap Q)}(w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, v_m) = 1$$

тогда и только тогда, когда

$$p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) = 1 \text{ и } p_{L_1 L_2 \dots L_m}^{(Q)}(v_1, v_2, \dots, v_m) = 1.$$

Пусть

$$p_{K_1 K_2 \dots K_n L_1 L_2 \dots L_m}^{(R \cap Q)}(w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, v_m) = 1.$$

Вследствие согласованности семейства предикатов  $p^{(R \cap Q)}$  это возможно тогда и только тогда, когда

$$\exists V = (T_1, T_2, \dots, T_n, S_1, S_2, \dots, S_m) \in$$

$$T_{K_1 K_2 \dots K_n L_1 L_2 \dots L_m}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, v_m),$$

удовлетворяющее условиям (I) для отношения  $R \cap Q$ . В свою очередь, выполнение условий (I) означает, что, во-первых,  $\forall i = \overline{1, n}, \forall x_i \in T_i$  найдутся  $x_1 \in T_1, \dots, x_{i-1} \in T_{i-1}, x_{i+1} \in T_{i+1}, \dots, x_n \in T_n$  и  $y_1 \in S_1, y_2 \in S_2, \dots, y_m \in S_m$  такие, что  $(x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_m) \in R \cap Q$ , и, во-вторых,  $\forall j = \overline{1, m} \forall y_j \in S_j$  также существуют  $x_1 \in T_1, x_2 \in T_2, \dots, x_n \in T_n$  и  $y_1 \in S_1, \dots, y_{j-1} \in S_{j-1}, x_{j+1} \in S_{j+1}, \dots, y_m \in S_m$  такие, что

$$(x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_m) \in R \cap Q.$$

По определению отношения  $R \cap Q$  из  $(x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_m) \in R \cap Q$  это выполняется в том и только в том случае, когда  $(x_1, x_2, \dots, x_n) \in R$  и  $(y_1, y_2, \dots, y_m) \in Q$ , что означает выполнение условий (I) на  $(T_1, T_2, \dots, T_n) \in T_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(\Psi)}(w_1, w_2, \dots, w_n)$  и  $(S_1, S_2, \dots, S_m) \in T_{L_1 L_2 \dots L_m}^{(\Psi)}(v_1, v_2, \dots, v_m)$  для отношений  $R$  и  $Q$  соответственно. По определению согласованности семейства предикатов это равносильно условию  $p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) = 1$  и  $p_{L_1 L_2 \dots L_m}^{(Q)}(v_1, v_2, \dots, v_m) = 1$ .

Аналогично несложно показать справедливость равенств

$$p_{K_1 K_2 \dots K_n L_1 L_2 \dots L_m}^{(R \cup Q)}(w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, v_m) = p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) \vee p_{L_1 L_2 \dots L_m}^{(Q)}(v_1, v_2, \dots, v_m) \text{ и } p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) = \neg p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n).$$

Аналогично несложно показать справедливость равенств

$$p_{K_1 K_2 \dots K_n L_1 L_2 \dots L_m}^{(R \cap Q)}(w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, v_m) = p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) \wedge p_{L_1 L_2 \dots L_m}^{(Q)}(v_1, v_2, \dots, v_m) \text{ и } p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) = \neg p_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n).$$

**Лемма 2.1**

Пусть  $(\Theta, R^*)$  – некоторая нетривиальная предметная область,  $(\Omega, \Psi)$  – ее нетривиальный словарь. В этом случае  $R^*$  замкнуто относительно операций  $\cap, \cup$  и  $\neg$  – тогда и только тогда, когда множество предикатов  $P(R^*, \Psi)$  онтологии  $\Xi = ((\Theta, R^*), (\Omega, \Psi), P(R^*, \Psi))$  замкнуто относительно операций  $\wedge, \vee$  и  $\neg$ .

**Доказательство**

Пусть  $R^*$  замкнуто относительно операций  $\cap, \cup$  и  $\neg$ , т.е. для любых  $R, Q \in R^* R \cap Q, R \cup Q, R \in R^*$ . Предположим, что при этих условиях  $P(R^*, \Psi)$  не замкнуто относительно операций  $\wedge, \vee$  и  $\neg$ .

Рассмотрим произвольные предикаты  $P_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n)$ ,  $P_{L_1 L_2 \dots L_m}^{(Q)}(v_1, v_2, \dots, v_m) \in P(R^*, \Psi)$  и покажем, что

$$P_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) \wedge P_{L_1 L_2 \dots L_m}^{(Q)}(v_1, v_2, \dots, v_m) \in P(R^*, \Psi).$$

Рассмотрим согласованный с отношением  $R \cap Q$  предикат

$$P_{K_1 K_2 \dots K_n L_1 L_2 \dots L_m}^{(R \cap Q)}(w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, v_m).$$

По построению множества

$$P(R^*, \Psi) \cap P_{K_1 K_2 \dots K_n L_1 L_2 \dots L_m}^{(R \cap Q)}(w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, v_m) \in P(R^*, \Psi),$$

и, кроме того, в соответствии с утверждением 2.1

$$P_{K_1 K_2 \dots K_n L_1 L_2 \dots L_m}^{(R \cap Q)}(w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, v_m) \in P_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) \wedge P_{L_1 L_2 \dots L_m}^{(Q)}(v_1, v_2, \dots, v_m).$$

В силу единственности согласованного с отношением  $R \cap Q$  предиката

$$P_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) \wedge P_{L_1 L_2 \dots L_m}^{(Q)}(v_1, v_2, \dots, v_m) \in P(R^*, \Psi),$$

что и требовалось доказать.

Аналогичным образом несложно показать, что

$$P_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) \vee P_{L_1 L_2 \dots L_m}^{(Q)}(v_1, v_2, \dots, v_m) \in P(R^*, \Psi) \text{ и } P_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) \in P(R^*, \Psi).$$

Обратно, пусть  $P(R^*, \Psi)$  замкнуто относительно операций  $\wedge$ ,  $\vee$  и  $\neg$ . Покажем, что в этом случае для любых  $R, Q \in R^*$   $R \cap Q \in R^*$  (доказательство того, что  $R \cap Q, \bar{R} \in R^*$  проводится аналогично).

Предположим, что  $R \cap Q \notin R^*$  и рассмотрим согласованные с  $R$  и  $Q$  семейства предикатов  $P^{(R)}$  и  $P^{(Q)}$ . В силу замкнутости  $P(R^*, \Psi)$  в нем существует предикат

$$P_{K_1 K_2 \dots K_n L_1 L_2 \dots L_m}(w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, v_m) = P_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) \wedge P_{L_1 L_2 \dots L_m}^{(Q)}(v_1, v_2, \dots, v_m)$$

при любых

$$(K_1, K_2, \dots, K_n) \in \{H, \Pi\}^n, (L_1, L_2, \dots, L_m) \in \{H, \Pi\}^m, w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, v_m \in \Omega.$$

По построению  $P(R^*, \Psi) \ni M \in R^*$  такое, что предикат  $P_{K_1 K_2 \dots K_n L_1 L_2 \dots L_m}$  согласован с отношением  $M$ . Так как  $M \neq R \cap Q$  по предположению, то

$$\exists w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, v_m \in \Omega$$

такие, что

$$(w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, v_m) \in M \setminus (R \cap Q)$$

или

$$(w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, v_m) \in (R \cap Q) \setminus M.$$

Тогда

$$P_{K_1 K_2 \dots K_n L_1 L_2 \dots L_m}(w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, v_m) \neq P_{K_1 K_2 \dots K_n L_1 L_2 \dots L_m}^{(R \cap Q)}(w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, v_m),$$

где  $P_{K_1 K_2 \dots K_n L_1 L_2 \dots L_m}^{(R \cap Q)}$  – согласованный с  $R \cap Q$  предикат. Это означает, что для выбранных значений

$$(K_1, K_2, \dots, K_n) \in \{H, \Pi\}^n, (L_1, L_2, \dots, L_m) \in \{H, \Pi\}^m, w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, v_m \in \Omega$$

$$P_{K_1 K_2 \dots K_n L_1 L_2 \dots L_m}^{(R \cap Q)}(w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, v_m) \neq P_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) \wedge P_{L_1 L_2 \dots L_m}^{(Q)}(v_1, v_2, \dots, v_m),$$

чего не может быть согласно утверждению утверждения 2.1. Следовательно,  $R \cap Q \in R^*$ , что и требовалось доказать. ■

В дальнейшем будем во всех рассуждениях предполагать, что  $R^*$  замкнуто относительно операций  $\cap$ ,  $\cup$  и  $\neg$ , и, как следствие,  $P(R^*, \Psi)$  замкнуто относительно операций  $\wedge$ ,  $\vee$  и  $\neg$ . Онтологию  $\Xi = ((\Theta, R^*), (\Omega, \Psi), P(R^*, \Psi))$  при выполнении указанных условий будем называть замкнутой.

### Утверждение 2.2

Пусть  $P$  – любое замкнутое относительно операций  $\wedge$ ,  $\vee$  и  $\neg$  подмножество множества предикатов  $P(R^*, \Psi)$  замкнутой онтологии  $\Xi$ . Тогда множество  $\hat{P} = P \cup \{0, 1\}$  с определенными на нем соответствующим образом операциями  $\wedge$ ,  $\vee$  и  $\neg$  является булевой алгеброй.

### Доказательство

Для обоснования того, что  $P(R^*, \Psi)$  является булевой алгеброй, достаточно показать, что для любых  $p, q, r \in P(R^*, \Psi)$  выполняются соотношения:

1.  $(p \wedge q) \wedge r = p \wedge (q \wedge r)$ ;
2.  $(p \vee q) \vee r = p \vee (q \vee r)$ ;
3.  $p \wedge q = q \wedge p$ ;
4.  $p \vee q = q \vee p$ ;
5.  $p \wedge p = p$ ;
6.  $p \vee p = p$ ;
7.  $p \wedge (p \vee q) = p$ ;
8.  $p \vee (p \wedge q) = p$ ;
9.  $p \wedge (q \vee r) = (p \wedge q) \vee (p \wedge r)$ ;
10.  $p \vee (q \wedge r) = (p \vee q) \wedge (p \vee r)$ ;
11.  $p \vee \neg p = 0$ ;
12.  $p \wedge \neg p = 1$ .

Покажем справедливость равенства  $(p \wedge q) \wedge r = p \wedge (q \wedge r)$ . По условию, множество

$P(R^*, \Psi)$  замкнуто относительно операций  $\wedge$ ,  $\vee$  и  $\neg$ . В соответствии с утверждением леммы 2.1 в этом случае множество  $R^*$  замкнуто относительно операций  $\cap$ ,  $\cup$  и  $—$ . Пусть  $R, Q, M$  – такие отношения из  $R^*$  размерности  $n, m, k$ , что предикаты  $p, q, r$  согласованы с  $R, Q, M$  соответственно.

Заметим, что по утверждению 2.1 при любых

$$(K_1, K_2, \dots, K_n) \in \{H, \Pi\}^n, (L_1, L_2, \dots, L_m) \in \{H, \Pi\}^m, (N_1, N_2, \dots, N_k) \in \{H, \Pi\}^k$$

и  $w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, v_m, u_1, u_2, \dots, u_m \in \Omega$  справедливы равенства (рассматриваются предикаты, согласованные с соответствующими отношениями):

$$\begin{aligned} & (P_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) \wedge P_{L_1 L_2 \dots L_m}^{(Q)}(v_1, v_2, \dots, v_m)) \wedge \\ & \wedge P_{N_1 N_2 \dots N_k}^{(M)}(u_1, u_2, \dots, u_k) = P_{K_1 K_2 \dots K_n L_1 L_2 \dots L_m}^{(R \cap Q)} \times \\ & \times (w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, v_m) \wedge P_{N_1 N_2 \dots N_k}^{(M)}(u_1, u_2, \dots, u_k) = \\ & = P_{K_1 K_2 \dots K_n L_1 L_2 \dots L_m N_1 N_2 \dots N_k}^{((R \cap Q) \cap M)}(w_1, w_2, \dots, w_n, v_1, v_2, \dots, \\ & v_m, u_1, u_2, \dots, u_k) = P_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) \wedge \\ & \wedge P_{L_1 L_2 \dots L_m N_1 N_2 \dots N_k}^{(Q \cap M)}(v_1, v_2, \dots, v_m, u_1, u_2, \dots, u_k) = \\ & = P_{K_1 K_2 \dots K_n}^{(R)}(w_1, w_2, \dots, w_n) \wedge (P_{L_1 L_2 \dots L_m}^{(Q)}(v_1, v_2, \dots, v_m) \wedge \\ & \wedge P_{N_1 N_2 \dots N_k}^{(M)}(u_1, u_2, \dots, u_k)), \end{aligned}$$

откуда в силу единственности согласованных с отношениями  $R, Q, M$  предикатов следует равенство  $(p \wedge q) \wedge r = p \wedge (q \wedge r)$ .

Справедливость равенств 2–12 из приведенного списка несложно подтвердить аналогичным образом. ■

Отметим, что утверждение 2.2 имеет важное практическое значение. Утверждение будем в дальнейшем интерпретировать следующим образом: произвольное состояние предметной области (т.е. описывающий ее набор отношений между объектами) представляется в замкнутой онтологии этой предметной области некоторой булевой алгеброй. Это позволяет использовать известные свойства булевых алгебр для моделирования как реальных, так и возможных состояний предметной области, а также для обработки данных об этих состояниях. При программной реализации модели это обеспечивает существенное снижение ресурсоемкости и временной сложности применяемых алгоритмов, так как не возникает необходимости хранения и

обработки в модели полного набора высказываний в каждый момент времени.

В рамках настоящей работы, в силу ее ограниченного объема, рассмотрены только основные определения и утверждения, характеризующие модель представления знаний о предметной области на основе согласованных онтологий. Тем не менее, в последующих работах предполагается подробно рассмотреть вопросы, связанные с исследованием алгебраических свойств предложенной модели, обработкой ложных и противоречивых высказываний, использованием правил вывода на базе формул исчисления предикатов и т.д., а также описать методы индивидуализации обучения, основанные на использовании предложенной модели, пригодные для использования в интеллектуальных системах дистанционного обучения.

### Библиографический список

1. Беляев, К.В. Программные средства повышения качества обучения в сфере изучения действующей нормативно-правовой базы / К.В. Беляев // Открытое образование. – 2005. – №5 (52).
2. Беляев, К.В. Метод формирования тестовых заданий для системы оценки знаний при изучении нормативных правовых актов / К.В. Беляев // XXXIII Международная конференция «Информационные технологии в науке, образовании, социологии и бизнесе» IT+SE'2005 (осенняя сессия): Тез. докл. – М., 2005.
3. Искусственный интеллект, в 3-х кн. Кн. 2. Модели и методы: Справочник. под ред. Д.А. Поспелова – М.: Радио и связь, 1990.
4. Клещев, А.С. Математические модели онтологий предметных областей. Часть 1. Существующие подходы к определению понятия «онтология»; Часть 2. Компоненты модели / А.С. Клещев, И.Л. Артемьева // НТИ, 2001. – Сер. 2 «Информационные процессы и системы». – № 2.
5. Колобашкин, С.М. Оценка знаний обучаемого о предметной области в системе автоматизации профессионального обучения / С.М. Колобашкин, К.В. Беляев // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2006. – № 1.
6. Попов, Э.В. Общение с ЭВМ на естественном языке / Э.В. Попов. – М.: Едиториал УРСС, 2004.
7. Рубашкин, В.Ш. Представление и анализ смысла в интеллектуальных информационных системах / В.Ш. Рубашкин. – М.: Наука, 1989.
8. Jackson P. Introduction to Expert Systems. – Addison-Wesley, 2001.
9. Salton G. Automatic Text Processing: The Transformation, Analysis, and Retrieval of Information by Computer. – Addison-Wesley, 1989.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ ЛЕСНОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ

И.А. КЛЕЙНХОФ, доц. каф. менеджмента и маркетинга МГУЛ, канд. экон. наук

*kle-inessa@yandex.ru*

Вопросы перехода на устойчивое, сбалансированное развитие лесного сектора экономики приобретает всё более глобальный характер. В рамках седьмой сессии Лесного форума ООН в Нью-Йорке 21 апреля 2007 г. состоялось обсуждение проекта международной конвенции по устойчивому управлению лесами. Участие приняли представители 60 стран. В центре внимания были вопросы по разработке законодательных инструментов устойчивого управления лесами. В частности, согласно статье 7 bis, страны-участники обязуются не принимать участие в международной торговле круглыми лесоматериалами, заготовленными в ходе нелегальных рубок, а также лесными товарами, произведенными из них. Данный вопрос весьма остро стоит для России, принимая во внимание объемы нелегальных рубок [3].

Для обозначения изменений в окружающей природной среде международной комиссией был предложен термин «*sustainable development*», который был переведен как «*устойчивое развитие*». Однако этот термин имеет и иные значения: долгое, перспективное, длительное, поддерживающее развитие. Чаще всего он трактуется как развитие, которое может поддерживаться неопределенно долго [5].

Принципиальное значение имеет понятийное содержание термина «устойчивое развитие». В настоящее время существует ряд подходов к определению этого понятия. Согласно ресурсному подходу, который используется в ряде международных документов, а также национальных стратегиях устойчивого развития отдельных государств, биосфера рассматривается преимущественно в качестве ресурса экономического развития.

Российскими учеными разработан более широкий социально-природный или социально-экологический методологический подход, в основу которого положена теория

биотической регуляции и стабилизации окружающей среды. Согласно этому подходу понятие устойчивое развитие «может быть определено как стабильное сбалансированное социально-экономическое развитие, не нарушающее окружающую природную среду и обеспечивающее непрерывный прогресс общества» [4, с. 31].

Следует согласиться с мнением тех ученых, которые рассматривают современные теоретические положения устойчивого развития в качестве начального этапа, что предполагает их обогащение и совершенствование в дальнейшем. Стратегия устойчивого развития не может быть определена исходя из традиционных общечеловеческих представлений и ценностей, стереотипов мышления. Устойчивое развитие «требуется кардинального изменения мировоззрения, приоритетов, ценностей, этических и других норм и форм рациональности» [4, с. 31].

Переход на устойчивое развитие требует сбалансированного решения экономических, экологических и социальных проблем и задач. Однако вопрос о соизмерении экономической, экологической и социальной составляющих устойчивого развития остается открытым. В этих условиях рост производства товаров и услуг в значительной мере обеспечивается за счет истощения природных ресурсов и ухудшения качества окружающей природной среды.

Ввиду несовершенства и ограниченности рыночной экономики социальная и экологическая составляющая устойчивого развития человеческого общества находит отражение в основных экономических показателях функционирования народного хозяйства практически только в виде затрат.

Следует отметить, что при принятии управленческих решений по обоснованию территориального размещения, объемов и технологии того или иного производства до сих пор доминируют экономические показате-

тели, тогда как экологические и социальные факторы учитывают в виде ограничений. Более того, в настоящее время ограничения экологического и социального характера, как правило, принимают в той мере, в какой они препятствуют экономическому росту. Примеров внедрения инновационных технологий, обеспечивающих не только экономический рост, но и улучшение качества окружающей среды и социально-бытовых условий людей, пока еще не так много. Кроме того, остается открытым вопрос о соотношении экономической, экологической и социальной составляющих устойчивого развития. В этих условиях правомерно говорить лишь об условной сбалансированности этих составляющих.

Длительность лесовыращивания обуславливает необходимость стратегического управления устойчивым развитием лесного хозяйства. Первые попытки разработки принципов устойчивого пользования лесными ресурсами были предприняты лесоводами в начале XVIII в. Для организации продуктивного, регулируемого лесного хозяйства в Германии был введен принцип постоянства пользования (*Nachhaltigkeit*). Первое упоминание о нем относится к 1713 г. Усилиями Бекмана, Гартига, Хойера и других немецких лесоводов в течение XVIII и XIX вв. идеи постоянства пользования лесными ресурсами получили дальнейшее развитие и практическое применение в лесоустроительном проектировании. Основная идея теории «нормального леса» – обеспечение равномерного пользования лесными ресурсами для того, чтобы сохранить их для будущих поколений, не потеряла актуальности и в настоящее время. Вместе с тем теория «нормального леса» имеет существенные недостатки, основными среди которых являются:

- выбор в качестве элементарной формы управления лесами одиночного, изолированного участка леса;

- отождествление арифметической суммы размера лесопользования, рассчитанного по отдельным участкам леса, с размером лесопользования по объекту управления лесами в целом, представленного совокупностью покрытых и не покрытых лесом участков;

- неверное определение цикла воспроизводства лесных ресурсов;

- несоответствие схемы нормального леса динамическому характеру структуры и величине спроса на лесные товары и средозащитные услуги;

- отсутствие должной связи между лесопользованием и процессом воспроизводства лесных ресурсов.

Детальный анализ теории «нормального леса» провел академик Н.А. Моисеев [1]. Он подчеркнул, что, согласно теории нормального леса, лесопользование приобретает периодический характер. Экономический процесс воспроизводства по продолжительности времени сравнивается с естественным процессом роста и развития лесных насаждений, потеряется связь между выручкой от реализации древесного запаса на корню и затратами на воспроизводство вырубленного участка леса.

Отдельный изолированный участок леса не может охарактеризовать ряд существенных свойств и компонентов лесной экосистемы, таких как пространственно-временная структура, системные связи с другими участками леса, а также с рынком лесных товаров и услуг. Совокупность лесных насаждений образует качественно иное явление в сравнении с суммой отдельных участков леса. В этой связи академик Н.А. Моисеев подчеркивает: «дело не только в том, что механическая совокупность хозяйственных решений по отдельным насаждениям никогда не будет тождественна хозяйственному решению, выработанному для хозяйственно целостной совокупности насаждений. А дело в том, что такие решения будут разрабатываться разными методами и приведут к резко различным представлениям о хозяйственно целесообразном характере лесов и о характере постоянства, приведут к разным результатам и их последствиям» [1].

По мере развития капитализма и связанного с этим обострения конкуренции между различными видами землепользования возникла необходимость экономического обоснования целесообразности выращивания леса, определения оптимального возраста рубки. Особую остроту данная проблема приобрела в частном лесном секторе экономики. В этой связи следует отметить, что в Герма-

нии, так же как и в большинстве стран Европы, в общей площади лесов значительную долю составили мелкие частные владения, в рамках которых далеко не всегда можно было организовать устойчивое лесопользование.

Принципиальное значение для обеспечения устойчивого управления лесами и лесным хозяйством имеет положение теории земельной ренты о том, что процесс воспроизводства лесных ресурсов завершается рубкой главного пользования, а не восстановлением вырубki.

Вышеотмеченные ошибки многократно усилились в процессе разработки экономических основ постоянства пользования лесными ресурсами. В этой связи следует отметить неверное определение экономической природы затрат на воспроизводство лесных ресурсов; применение земельной ренты для определения финансовой спелости леса; ошибочная методика приведения разновременных затрат и эффектов в лесном хозяйстве к единому моменту времени.

Логическим продолжением ошибок и неувязок теории нормального леса явилось отнесение к инвестициям затрат на мероприятия по воспроизводству лесных ресурсов. Подобная постановка вопроса привела к целой череде ошибок при принятии управленческих решений в области лесопользования и воспроизводства лесных ресурсов, включая обоснование финансовой спелости леса.

В середине XIX в. немецкий лесовод М. Фаустман [6] предложил метод определения оптимального возраста рубки, в основу которого была положена теория земельной ренты. Отнесение затрат на создание лесных культур на вырубках, равно как и на проведение рубок ухода в молодняках к инвестициям, обусловило необходимость их дисконтирования при определении оптимального возраста спелости. Применение стандартного для того времени норматива приведения разновременных затрат и эффектов к единому знаменателю неизбежно привело к явно заниженному «оптимальному» возрасту рубки – на уровне 30–40 лет. Применение на практике теории земельной ренты привело к широкомасштабным ветровалам и другим тяжелым экологическим и экономическим последствиям.

Потребовалось не одно десятилетие, чтобы немецкие лесоводы и экономисты доказали ошибочность применения теории земельной ренты для решения проблемы оценки эффективности лесопользования и воспроизводства лесных ресурсов.

Известный в Европе экономист Г. Шпейдель писал, что задачи выбора формы хозяйства, оборота рубки, породного состава насаждений, интенсивности рубок ухода и т.п. решались с позиций получения максимальной прибыли, на основе абстрактных моделей экономического поведения. При этом в большинстве случаев не оценивались практические последствия проведенных расчетов. Прирост земельной ренты в значительной мере может быть обеспечен путем интенсификации рубок промежуточного пользования в ущерб размеру и качественной структуре неистощительного главного пользования [8].

Для исключения абсурдных результатов при определении эффективности лесопользования и мероприятий по воспроизводству лесных ресурсов, включая исчисление оптимального возраста рубки, сторонниками земельной ренты была принята заниженная, в сравнении со стандартной, процентная ставка (на уровне 1–2 %). Произвольное занижение процентной ставки делает невозможным корректное сопоставление альтернативных вариантов сбалансирования спроса на изделия из древесины с соответствующим предложением. При этом имеется в виду прежде всего сравнительный анализ эффективности мероприятий по повышению продуктивности лесов с инновационными технологиями, обеспечивающими рост производства добавленной стоимости в сфере переработки древесины.

Выбор М. Фаустманом стандартной процентной ставки оказал решающее влияние на оценку лауреатом Нобелевской премии в области экономики П. Самуэльсоном имевшихся в 1970-х концепций устойчивого лесопользования (*sustained yield forestry*). К сожалению, при написании в 1976 г. обширной статьи он использовал только те труды европейских ученых, которые были переведены на английский язык. Среди них не оказалось трудов Г. Шпейделя, А. Рудзкого,

М. Орлова, Э. Оствальда, Р. Маркуса и других критиков теории земельной ренты. В этих условиях П. Самуэльсон пришел к выводу о том, «только в замечательной работе М. Фаустмана, написанной в 1849 г., в результате анализа получено решение, близкое к совершенству». [6].

Авторитет П. Самуэльсона в данном случае способствовал перенесению изживших себя идей теории земельной ренты из Европы в Северную Америку.

В России труды сторонников земельной ренты были переведены в XIX столетии. В книге «Лесоправление» М.М. Орлов подразделяет расходы на ведение лесного хозяйства на операционные затраты и капитальные вложения. К первой группе расходов он относит те, которые имеют текущий характер издержек и регулярно повторяются каждый год. Капитальными вложениями считаются такие затраты, которые не имеют годичной периодичности, отражаются на долгих периодах хозяйствования и, главное, увеличивают основной капитал производства. Далее М.М. Орлов поясняет: «в правильном лесном хозяйстве, вырубая ежегодно нормальную лесосеку и возобновляя ее, мы этим лесовозобновлением не вносим никаких изменений в капитальную ценность лесного имущества... В тех же случаях, когда облесение производится на площадях, не покрытых лесом, превышающих годичную лесосеку, действительно имеет место капитальное вложение»... [2, с. 312].

Из зарубежных ученых следует отметить теоретические разработки Э. Оствальда в 1930-х. В качестве необходимого условия непрерывности (continuity) лесопользования Э. Оствальд рассматривал восстановление вырубленного насаждения. Он отметил, что формула М. Фаустмана разработана для не покрытого лесом участка земли, предназначенного для выращивания леса. Следовательно, формула М. Фаустмана рассматривает частный случай выбора наиболее эффективного вида землепользования с позиций земельной ренты. К инвестициям Э. Оствальд относит затраты на проведение мероприятий, обеспечивающих приумножение лесного капитала, а соответственно и прирост лесной ренты, а к текущим – затра-

ты на мероприятия, обеспечивающие сохранение лесного капитала [7].

Вопрос о величине процентной ставки до сих пор является предметом дискуссий среди экономистов лесного хозяйства. Следует согласиться с тем, что выбор величины процентной ставки требует надлежащего научного обоснования [1]. При этом необходимо учесть следующие обстоятельства:

- во-первых, обоснование норматива приведения разновременных затрат и эффектов является частным вопросом более общей проблемы определения цены времени;

- во-вторых, дисконтирование разновременных затрат и эффектов исходит из предположения о непрерывном нарастании дохода по заданной формуле в течение бесконечно длительного периода времени, что не согласуется с реальными процессами оборота капитала в лесном хозяйстве;

- в-третьих, трудно представить себе универсальную процентную ставку для решения не только разных экономических, но и социальных и экологических задач. Приоритетной задачей инвестиций в лесном хозяйстве является обеспечение перехода на устойчивое развитие.

Динамика эффекта от инвестиций в воспроизводство лесных ресурсов применительно к отдельному изолированному участку леса существенно различается в сравнении с целостной совокупностью участков леса. Проблема заключается не в том, какой расчетный параметр обеспечивает наивысшую прибыль, а какой из них наиболее правильно выражает возможность и условия дальнейшего использования ожидаемого дохода. За длительный период окупаемости инвестиций в лесной капитал, измеряемый десятками лет, имеют место значительные колебания цен на древесный запас на корню и заготовленные лесоматериалы, а нередко возникает необходимость корректировки целей и задач ведения лесного хозяйства. В 21-м столетии, когда ставится задача перехода на устойчивое управление лесными экосистемами, к вышеуказанным недостаткам теории земельной ренты необходимо добавить моноресурсный подход к определению эффективности лесопользования. При исчислении земельной рен-

ты не учитывают эффект от оказания средозащитных услуг, что порой оказывает более существенное влияние на эффективность инвестиций, чем величина процентной ставки. В настоящее время затраты на обеспечение средозащитных услуг леса существенно выросли и уже имеется некоторый опыт количественной оценки их эффективности.

Практическое значение процентной ставки для определения динамики лесной и земельной ренты и решения других вопросов оценки эффективности лесопользования и воспроизводства лесных ресурсов явно преувеличено. Метод дисконтирования применяется для приведения разновременных капитальных затрат (инвестиций) и обусловливаемых ими эффектов к одному моменту времени. Результаты расчета, полученные с помощью метода дисконтирования, имеют лишь относительное значение и могут выполнить лишь строго определенную задачу, а именно, осуществление выбора наиболее эффективного из альтернативных вариантов лесопользования и воспроизводства лесных ресурсов.

В условиях России решение проблемы приведения разновременных затрат к одному моменту времени осложняют низкие ставки платежей на древесный запас на корню, которые больше чем на порядок ниже в сравнении с рыночными ценами. В этих условиях величина ошибки нарастает по мере увеличения срока окупаемости, что имеет место при проведении мероприятий по повышению продуктивности насаждений ценных хвойных и твердолиственных пород.

Для перехода на устойчивое развитие лесного хозяйства многие страны внесли необходимые изменения в лесную политику и лесное законодательство. Все более широкое развитие получают экосистемный менеджмент, одним из составляющих которого является принятие управленческих решений в лесном хозяйстве на основе консенсуса всех групп интересов – государства, лесного хозяйства, пользователей лесных товаров и услуг, общественных организаций. Значительное влияние на международном уровне уделяется разработке инструментов и механизмов, стимулирующих переход на устойчивое ведение лесного хозяйства, адаптации

лучшего зарубежного опыта в сфере устойчивого управления лесами.

Новые научные задачи, связанные с переходом от управления древесными ресурсами к экосистемному менеджменту, отодвинули на второй план спорные теоретические вопросы земельной и лесной ренты. Без должного внимания осталась одна из центральных задач экосистемного менеджмента – построение модели воспроизводства, адекватной принципам устойчивого социального, экономического и экологического развития многоцелевого лесного хозяйства. Отдельные положения схемы «нормального леса» до сих пор накладывают отпечаток на взгляды российских и зарубежных ученых и специалистов по принципиальным вопросам экономики лесного хозяйства. Сохраняются разногласия как между экономистами России, так и зарубежных стран по таким принципиальным вопросам экономики лесного хозяйства, как объект устойчивого лесопользования и ведения лесного хозяйства, методика определения лесной ренты, экономическая природа затрат, эффективность лесопользования и мероприятий по воспроизводству лесных ресурсов.

Остается открытым вопрос об оценке синергетического социального, экологического и экономического эффекта мероприятий по воспроизводству лесных ресурсов. В настоящее время при принятии управленческих решений экономическая составляющая эффективности воспроизводства лесных ресурсов оценивается лишь с позиций краткосрочных результатов, тогда как социальная и экологическая составляющие и вовсе не учитываются. Вопросы оценки многосторонней роли возобновляемых природных ресурсов в обеспечении устойчивого развития еще требуют надлежащей теоретической проработки. В этих условиях вклад лесного хозяйства в обеспечение устойчивого развития земной цивилизации получил явно заниженную оценку, что находит отражение в лесной политике и лесном законодательстве.

До сих пор не изжиты отдельные постулаты теории нормального леса. В качестве примера можно привести практикуемую в ряде стран ЕС методику экономического обоснования мероприятий по повышению продук-

тивности и улучшению качественного состава лесов. В качестве критерия эффективности при этом используют чистую настоящую дисконтированную стоимость, которую исчисляют применительно к каждому отдельному участку леса, а затем суммируют по объекту управления в целом. Таким образом, негласно принимается тезис сторонников теории земельной ренты, утверждающий, что механическая сумма отдельных частей равна целому.

Принципиальное значение для совершенствования системы стратегического управления лесами и лесным хозяйством имеет разработанная академиком Н.А. Моисеевым теория воспроизводства лесных ресурсов, ядром которой является учение о непрерывно-продуцирующем или непрерывно-производительном лесе (НПЛ). «Созданный в завершенном виде преемственно-возрастной ряд насаждений в пределах оборота рубки вместе с поддерживающей его в стабильном состоянии целостной совокупностью мероприятий обеспечивает воспроизводство ресурсов и услуг леса соответствующим целям хозяйства, и, следовательно, непрерывное, неистощительное пользование ими» и есть НПЛ. [1, с. 85].

Глобализация экономики и рост антропогенных нагрузок на лесные экосистемы требует дальнейшего развития теории стратегического управления устойчивым развитием лесного хозяйства.

Лесной форум ООН определил экосистемный подход к обеспечению устойчивого, сбалансированного социального, экономического и экологического развития в качестве приоритетной задачи стратегического управления лесами и лесным хозяйством. Сохранение продуктивности лесных насаждений, экологической устойчивости и биологического разнообразия – это ключевые факторы, обеспечивающие устойчивость лесных экосистем. Экосистемный подход к управлению лесными ресурсами исходит из того, что социальные и экономические выгоды, которые лес обеспечивает в долгосрочной перспективе, основываются на экологической устойчивости лесов [3].

Однако экосистемный менеджмент следует рассматривать в качестве интегрированной части целостной системы стратегического

управления лесным кластером. Все отрасли и компоненты лесного кластера объединяет одна общая цель – повышение качества жизни потребителей лесных товаров и услуг. Стратегические цели и задачи развития лесных экосистем, включая размер и структуру устойчивого многоресурсного лесопользования, а также обоснование лесной политики и выбор основных инструментов ее реализации не представляется возможным в рамках лесного хозяйства. При определении эффективности мероприятий по воспроизводству лесных ресурсов необходимо учитывать структуру спроса на внутренних и внешних рынках, а также темпы роста производства добавленной стоимости в лесной промышленности и экологические аспекты устойчивого развития.

Экосистемный подход к управлению лесами и лесным хозяйством не может быть реализован без участия государства. При этом речь идет об оптимизации взаимодействия между государством и рыночными рычагами. Только подобная интегрированная система управления может обеспечить прогресс на пути к устойчивому сбалансированному социально-экономическому и экологическому развитию кластером лесных отраслей.

### Библиографический список

1. Моисеев, Н.А. Экономика лесного хозяйства: учеб. пособие / Н.А. Моисеев. – М.: МГУЛ, 2006. – 384 с.
2. Орлов, М.М. Лесопользование как исполнение лесостроительного планирования / М.М. Орлов. – Л.: Лесное хозяйство и лесная промышленность, 1930. – 306 с.
3. Писаренко, А.И. Роль Российской Федерации в международных переговорных процессах по лесам / А.И. Писаренко // Труды международной научно-практической конференции «Национальная лесная политика России». – М.: Министерство науки и образования РФ, 2007. – С. 56–68.
4. Стратегия России в XXI веке / А.Г. Гранберга, В.И. Данилова-Данильяна, М.М. Циканова и др. – М.: «Экономика», 2002. – 414 с.
5. Caring for the Earth. A Strategy for sustainable living. – Gland: IUCN/UNEP/WWF, 1991.
6. Faustmann, M. On the determination of the value which forest land and immature stands possess for forestry// Oxford Institute Paper, 1965.-N 42.
7. Ostwald E. Grundlinien einer Waldrent-theorie. Riga: W.Hacker, 1931, 231 s.
8. Speidel, G. Forstliche Betriebswirtschaftslehre. Hamburg: Verlag P. Parey, 1984, 226 s.

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОГНОЗЫ РАЗВИТИЯ ЛЕСНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ В МИРЕ

В.В. ЛУЧКИНА, доц. каф. экономики и организации внешних связей МГУЛ, канд. экон. наук

*caf-econvnesh@mgul.ac.ru*

**Н**еобходимость лесной сертификации во всем мире обусловлена тем, что лесной бизнес становится все более «экологичным», многими странами ратифицировано Киотское соглашение, в соответствии с которым лес признан основным очистителем воздуха, поэтому с каждым годом требования по эксплуатации лесов будут ужесточаться.

Система лесной сертификации во всем мире существует и развивается уже около восемнадцати лет. Инициативный и практический опыт этой системы в России приравнивается к десяти годам. По оценкам некоторых специалистов, через 5–10 лет весь мир будет потреблять только сертифицированную древесину. Это связано с тем, что многие нынешние покупатели на международных рынках заинтересованы в приобретении древесины, выработанной только с соблюдением экологических норм.

Подводя итоги работы сертифицированного сектора лесной продукции за 2008 г. в мире и, в частности, в России, можно проанализировать статичность этого вопроса и выявить новые тенденции и формы развития этого сектора.

### Площади

Общая площадь лесов в мире в настоящее время превышает 3,9 млрд га. Площадь сертифицированных лесов с 2007 по 2008 г. выросла на 8,8 % и составила к настоящему времени 320 млн га (8,3 % общей площади лесов мира и 13,4 % площади лесов, управляемых человеком). Увеличение процента площади сертифицированных лесов в общей площади лесов во всех регионах за 2005–2008 гг. было относительно небольшим. Наибольший процент показала Северная Америка. Ее площадь сертифицированных лесов с 2005 г. выросла на 30 %. В западноевропейских странах темп роста с мая 2007 по май 2008 г. составил приблизительно 5 %, а с 2005 г. – 10 %. Низкие темпы роста сертифицированных лесов

или их расширения в Африке и Азии связаны, главным образом, с неумелым руководством и другими проблемами. Тем не менее, две национальных схемы сертификации в Африке и одна в Азии в настоящее время подвергаются процессу одобрения схемой PEFC, что в дальнейшем может ускорить сертификацию лесов в этих регионах.

Данные по площади сертифицированных лесов в миллионах гектарах и в процентах по регионам мира за 2006–2008 гг. приведены в таблице.

Анализ современного географического распределения лесов по регионам дает следующие результаты: Западная Европа – больше 50 % всех сертифицированных лесов, Северная Америка – более одной трети сертифицированных лесов, Африка и Азия около 1 % сертифицированных лесов.

Распределение по всем схемам лесной сертификации выводит следующий итог:

- 1 место – Канада (138,7 млн га);
- 2 место – США (42 млн га);
- 3 место – Финляндия (21,1 млн га);
- 4 место – Россия (20,25 млн га).

В итоге выявляется, что в настоящее время по площади сертифицированных лесов на первом месте находится PEFC – Программа взаимного признания схем лесной сертификации, занимая 64,2 % всех сертифицированных лесов; на втором FSC – схема Лесного попечительского совета (его доля 32,3 %); на третьем месте ATFS – Американская система лесных фермеров (3,5 %).

### Экологически чувствительные рынки

В 1996 г. объем торговли сертифицированными продуктами не превышал 2 % товарооборота рынков развитых стран, а к 2002 г. возрос до 20 %. В настоящее время емкость рынков товарооборота сертифицированных лесных товаров ЕС – от 7 до 30 %. По мнению экспертов, за пять лет объем может увеличиться до 50 %.

**Общая площадь сертифицированных лесов по регионам**

Регион	Общая площадь лесов, млн га	Общая площадь сертифицированных лесов, млн га			Общая площадь сертифицированных лесов, %		
		2006	2007	2008	2006	2007	2008
1. Северная Америка	470,6	157,7	164,2	181,7	33,5	34,9	38,6
2. Западная Европа	155,5	78,9	80,8	84,2	50,7	52,0	54,1
3. Восточная Европа и страны СНГ	907,4	13,0	20,6	24,6	1,4	2,3	2,7
4. Океания	197,6	6,4	9,9	9,4	3,3	5,0	4,8
5. Африка	649,9	2,1	2,6	3,0	0,3	0,4	0,5
6. Латинская Америка	964,4	11,1	12,1	15,0	1,1	1,3	1,6
7. Азия	524,1	1,1	1,6	2,0	0,2	0,3	0,4
Итого в мире:	3 869,5	270,3	291,8	319,9			

Следует выделить динамично развивающийся рынок сертифицированной бумажной продукции. Рынок FSC сертифицированной целлюлозы и бумаги возник сравнительно недавно. В 2000 г. в Европе лишь 10 производителей предлагали бумажные изделия с логотипом FSC, а в конце 2005 г. – около 300. Хотя доля сертифицированных бумажных изделий в общем обороте бумажной продукции составляет меньше 10 %, в последние годы потребление сертифицированной бумаги растет примерно на 50–100 % в год (1,3 млн тонн). Прогноз экспертов предсказывает успешное будущее этому рынку с потреблением до 100–140 % в год (6,5 млн тонн).

Не вызывает сомнения, что продукция с логотипом FSC является наиболее востребованной на рынках по требованиям экологичности. Спрос на сертифицированную продукцию FSC составляет 71 % опрошенных потребителей, а PEFC – 29 %. Всего за четыре месяца 2008 г. (апрель-июль) число сертификатов цепочки продукции выросло с 8678 до 10119, или на 17 %. По числу сертификатов цепочки FSC более чем в 2 раза опережают все остальные системы сертификации вместе взятые. В России одним из слабых мест в FSC сертификации остается сертификация цепочек поставок, 70 – это очень мало по сравнению, например с Великобританией, США (более 600), Германией (более 400) или Китаем (более 200). Прогноз увеличения количества сертификатов цепочки FSC в России на 2009 г. составляет – 91. Сертификаты цепочки лесопродукции являются прямым индикатором признания продукции на рын-

ках Западной Европы, Америки и Японии, а поэтому особенно важны на этапе вхождения на экологически чувствительные рынки.

В настоящее время государственная и муниципальная закупка составляет 16 % валового национального продукта стран Евросоюза. Государственные закупки согласно «закону зеленых закупок» существуют уже в 15 странах. В 2008 г. был введен «закон зеленых закупок» в Японии, суть которого – исключить импорт нелегальной древесины. По сообщению НЕПКон, минимум 50 % государственных и муниципальных закупок стран членов Евросоюза должны соответствовать требованиям «зеленой» государственной и муниципальной закупки к концу 2009 г. К числу секторов, где требования 50 % «зеленой закупки» будут внедряться в первую очередь, относятся строительный, мебельный и бумажный.

В России развитие «зеленой экономики» идет с отставанием от стран Западной Европы примерно на 3–5 лет. Формирование рынка внутренних сертифицированных потребностей находится еще в «зародыше». Тем не менее, президентом Медведевым Д. в вопросах экологической и энергетической эффективности развития РФ обозначено формирование внутреннего рынка сертифицированной лесной продукции. Планируются закупки сертифицированных лесоматериалов при проведении Олимпийских игр в Сочи, муниципальные закупки в Москве и Санкт-Петербурге, закупки Газпрома и РЖД.

Спрос на сертифицированную лесную продукцию имеется во всех секторах разви-

тых рынков (по количеству сертификатов печати FSC):

- сектор круглого леса и прочих лесных товаров первичной обработки – 17 %;
- листовые древесные материалы – 16 %;
- пиломатериалы – 15 %;
- целлюлоза и бумага – 14 %;
- мебель – 12 %;
- окна и двери – 10 %;
- деревообработка – 10 %;
- прочие, в том числе недревесная сертифицированная продукция – 5 %.

Рынок сертифицированных лесных товаров с каждым годом становится все разнообразней: осваиваются новые сектора и отрасли, а следовательно, появляется новая сертифицированная продукция.

Компания Tetra Pak запустила производство первых партий упаковки для твердых и жидких продуктов питания. Такая картонная продукция получила название Tetra Recart™. Проставленный на этой упаковке знак FSC гарантирует потребителю, что материал для ее производства происходит из ответственно управляемых лесов и контролируемых источников. Sainsbury, сеть супермаркетов Великобритании, стала первой компанией, использовавшей такую упаковку для своих фирменных высококачественных рубленых томатов.

Организованная советом США по «зеленым зданиям» инициатива LEED for Homes выдвинула требование, согласно которому при использовании тропической древесины в жилищном строительстве могут быть ис-

пользованы только FSC-сертифицированные или вторичные материалы. LEED for Homes – это рейтинговая система, продвигающая проектирование и строительство высококачественных жилых зданий, отвечающих экологическим требованиям.

Не стоит на месте и рынок сертифицированной недревесной продукции. В 2008 г. в Канаде начата продажа нового товара – сертифицированного кленового сиропа (из модельного леса – Восточный Онтарио).

Ожидается, что в состав сертификации могут войти такие экосистемные услуги, как депонирование лесами углерода. Для формирования рынка углеродных кредитов FSC будут разрабатываться методики аудита для оценки и мониторинга рынка.

Подводя итоги современного развития сертифицированного лесного сектора, можно сделать вывод, что условия экономического кризиса мировой рынок сертифицированных лесоматериалов не затронули и он остался динамично развивающимся рынком, так как «зеленая экономика» поддерживается правительством, экологическими фондами, коммерческими структурами и потребителями. В России наблюдается тенденция падения спроса на лесоматериалы, но тем не менее почти никто из российских владельцев FSC сертификатов не собирается от них отказываться, а интерес к сертификации продолжает быть высоким.

#### Библиографический список

1. URL: <http://www.fsc.ru>
2. URL: <http://www.unece.org>

## МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ В ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЕГО РАЗВИТИЯ

А.Е. ТЮРИН, *асп. СПбГЛТА им. С.М. Кирова*

*ftacademy@home.ru*

**Р**азвитие народного хозяйства объективно требует совершенствования теории и методологии обоснования эколого-экономической эффективности размещения производств. Немаловажную роль в этом процессе

играет политика государства, которая решает задачу эффективного размещения капитального строительства преимущественно административными или экономическими методами.

История лесопромышленного комплекса последних десятилетий показывает, что роль этих методов была неодинакова на разных стадиях его развития. В эпоху плановой экономики преимущество отдавалось административным методам управления инвестициями.

Эффективность размещения в то время определялась действием законов социалистической экономики: планомерного и пропорционального развития, неуклонного роста производительности общественного труда и др. Действие указанных законов нашло проявление в территориальной организации и размещении производительных сил лесного хозяйства и лесной промышленности.

Эффективность территориального размещения производств и их функционирования зависит от множества факторов, в частности, от степени участия в производственном процессе отдельных элементов материального производства: лесных ресурсов, материалов, топлива, электроэнергии, труда, инвестиций, от уровня специализации, комбинирования и концентрации, государственной лесной политики и т.д.

Проблеме эффективности привлечения инвестиций и пространственному размещению производств в условиях социалистической экономики было посвящено большое количество научных работ. В этой связи можно выделить труд А.Е. Пробста [7], который, исследуя общие закономерности территориальной организации производств, предложил частные законы, такие как закон размещения отдельных отраслей вблизи источников сырья и топлива, закон размещения отдельных отраслей вблизи источников электроэнергии, потребителей продукции, концентрации, специализации, кооперирования и комбинирования, закон комплексного развития производительных сил районов, закон пространственного сочетания отдельных производств в системе производственно-территориальных комплексов.

Отдавая должное проделанному анализу, следует отметить, что найденные относительно устойчивые экономические связи в большей степени отражают факторы эффек-

тивного размещения производств и не являются законами. В широком смысле слова, в экономике закон отражает отношения, которые порождены внутренней природой явлений, а не случайными обстоятельствами.

Логично предположить, что первоначальной задачей исследователей является познание объективных законов размещения производительных сил с учетом отраслевых особенностей, а затем выработка принципов и методов их сознательного использования.

Игнорирование или сознательное отрицание объективного характера действия законов приводит к принятию субъективных решений и волюнтаризму. Результатом этих решений может стать не только неэффективное использование капитальных вложений в рамках отдельных производств, но и огромные потери в масштабах отрасли.

Общие принципы размещения производств (применительно к социалистическому способу производства) различными авторами формулировались неодинаково. Например, Я.Г. Фейгин в свое время [11] выделял следующие принципы: планомерное и комплексное размещение производств по всей стране в соответствии с задачами по эффективному использованию природных и трудовых ресурсов; общественного разделения труда между экономическими районами; приближения отраслей промышленности к источникам сырья с целью рациональной перевозки сырья и готовой продукции; комплексное развитие республик и экономических районов со специализацией на тех отраслях промышленности и сельского хозяйства, для развития которых имеются наиболее благоприятные природные и экономические условия; выравнивание уровней экономического развития всех республик и экономических районов; учет требований оборонной мощи страны при размещении производительных сил и др.

Т.С. Хачатуровым принципы социалистического размещения производств сведены к специализации районов и планомерному разделению труда между ними, что должно обеспечивать минимум затрат на производство и реализацию продукции, экономический

и культурный подъем республик и областей до уровня более развитых, укрепление обороноспособности страны [12].

Давая оценку вышеприведенным принципам, которые были сформулированы в условиях действия законов административно-командной экономики, следует отметить, что ряд этих принципов не потерял актуальности для современных условий развития лесопромышленного комплекса.

Общие проблемы размещения производительных сил освещены в работах Н.Н. Баранского, Н.Н. Колосовского, А.М. Лаврищева, Н.Н. Некрасова, С.Г. Струмилина, и др.

Экономико-математическая интерпретация проблемы нашла отражение в работах Л.В. Канторовича, А.Г. Аганбегяна, Н.П. Федоренко, В.С. Немчинова, В.В. Новожилова, П.Н. Коробова, В.В. Шерсбитова и др. [1, 2].

В области лесопромышленного комплекса существенный вклад в теорию размещения производительных сил был сделан И.С. Прохорчуком, Б. С. Стояновым, П.В. Васильевым, В.В. Глотовым, Т.С. Лобовиковым, Б.С. Петровым, В.С. Белоусовой, В.В. Варанкиным, В.Г. Досталем, А.Г. Желудковым, Н.П. Нечуятовой, Н.В. Невзоровым, Н.А. Медведевым, Е.Г. Судачковым, В.С. Соминым, Д.Н. Фогелем и др. [3, 5, 9].

Огромная работа в области эффективности капитальных вложений и размещения лесной, лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности велась в доперестроечное время проектными институтами. Особенно следует отметить совместную деятельность по разработке Генеральной схемы развития и размещения лесной и лесоперерабатывающей промышленности ВНИПИЭИлеспрома, СОПС, Гипробума, Гипролестранса, Гипродрева, Гипродревпрома, Гипробиосинтеза, Гипролестранса, Академии наук и ЦЭНИИ Госплана.

В основу этого документа был положен ведомственный подход, ориентированный на экстенсивный путь развития лесопромышленного комплекса.

Более ранний период (с 30-х годов до начала второй мировой войны) характеризуется бурным ростом объемов капитальных

вложений в лесной сектор страны. За этот период были построены лесопильные заводы в Архангельской области, заводы по производству фанеры в Тюменской области, Поволжье, введены в строй целлюлозно-бумажные комбинаты: Соликамский, Марийский (1938 г.) Кондопожский (1929), Соломбальский (1935 г.), Камский (1936 г.) Сегежский (1939 г.) и другие. Зарождались новые виды производств: гидролизное, сульфатное, стандартное домостроение, производство канифоли и др.

Постановлением СНК СССР от 31 июля 1931 г. «Об организации лесного хозяйства» леса были разделены на две зоны: лесопромышленную и лесокультурную в целях лесовосстановления, улучшения водного режима рек, борьбы с обмелением. Заготовка древесины ограничивалась в пределах годичного прироста.

Производительные силы в дореволюционной России были сосредоточены в основном в центральном и западных районах страны, что и предопределяло размещение лесозаготовок. На долю Сибири и Дальнего Востока приходилось немногим более 6 % общего объема лесозаготовок. Существенные сдвиги в размещении лесозаготовок произошли уже к началу 40-х годов. Их объем увеличился в районах Сибири и Дальнего Востока до 18 % (5).

В первое послевоенное время не происходило значительных сдвигов в размещении лесозаготовок. Задача быстрого восстановления народного хозяйства требовала использования в первую очередь наиболее доступных лесных ресурсов. Смещение лесозаготовок в районы Сибири начало происходить только с начала 50-х годов. Неравномерность размещения производительных сил страны и населения явилось причиной неравномерного использования лесных ресурсов.

Лесопильное производство до революции было размещено преимущественно в европейской части страны. На долю многолесных районов приходилось всего 15 %, в частности на долю Сибири и Дальнего Востока – около 2 %, на долю Уральского региона – 4 % всего производства.

За годы довоенных пятилеток доля Уральского региона возросла до 10 %, Сибири и Дальнего Востока до 7,5 %, однако в малолесных районах все еще производилось более 50 % пиломатериалов (5).

В 60-х, 70-х годах диспропорции в размещении лесозаготовительного и лесопильного производств приводили к ежегодным поставкам более 28 млн кубм пиловочника из многолесных районов в малолесные, что вело к огромным народнохозяйственным потерям.

Диспропорции между лесозаготовками и лесопилением отражал показатель производства пиломатериалов на 1000 м<sup>2</sup> вывозки. В малолесных районах выпуск пиломатериалов на 1000 м<sup>2</sup> вывозки почти в 2 раза превышал выпуск в многолесных районах. С 40-х годов по 70-е годы этот показатель имел устойчивую тенденцию к ухудшению (5).

Не лучше обстояли дела с размещением фанерного производства, значительная часть которого была размещена в отрыве от сырьевой базы. Это вело значительным транспортным расходам по доставке фанерного кряжа.

Аналогичные утверждения справедливы о стандартном домостроении, мебельном и целлюлозно-бумажном производствам.

Основными недостатками, повлиявшими на формирование структуры лесопромышленного комплекса до начала 90-х годов, были ориентация исключительно на сырьевой фактор как определяющий размещение производств. Районные балансы составлялись преимущественно по сырью, а не по видам готовой продукции; отсутствовала сопоставимость между генеральными схемами и схемами развития отдельных территорий; не всегда учитывали обратные связи между предприятиями; разработка генсхемы велась раздельно по отраслям (Гипролестранс – лесозаготовки, Гипродрев – лесопиление, Гипродревпром – фанера, мебель, ДСП, Гипробум – целлюлозно-бумажное производство). Обобщение на предмет обеспечения сырьем с учетом транспортного фактора производил ВНИИЭИлеспром. Значительно меньше внимания уделялось затратам на сырье, топливо, электроэнергию, заработную плату.

Осознание бесплатности лесных ресурсов, базирующееся на теории трудовой стоимости К. Маркса, приводило к недооценке стоимости леса на корню, занижению этого показателя в несколько раз по сравнению с аналогичным показателем в зарубежных странах.

Такой подход, заложенный в начале прошлого века в экономические отношения между собственником лесных ресурсов и лесопользователем, к сожалению, стал составной частью современных отношений между арендатором и государством.

Таким образом, административные методы организации капитальных вложений в экономику лесопромышленного комплекса дали определенные результаты. Началось развитие гидролизного производства. До начала второй мировой войны были введены Красноярский и Канский гидролизные заводы, начато строительство Ленинградского, Бобруйского, Хорского, Архангельского, Саратовского и Волгоградского, после войны пущены Бирюсинский, Тулунский, Хакасский, Зиминский и другие заводы. За годы предвоенных пятилеток было построено около 30 целлюлозно-бумажных предприятий. Крупными производителями целлюлозы, бумаги и картона стали районы европейского Севера, Урала, Волго-Вятский.

Современный период (с начала 90-х годов) характеризуется как переходный период от «плана к рынку». Характерной чертой этого периода является одновременное действие рыночных законов в экономике и административное сохранение плановых методов руководства.

Результатом является стремление властей сохранить социальную составляющую в затратах частного бизнеса, например, содержание объектов социальной инфраструктуры, не находящихся на балансе предприятия, использование преимущественно императивных методов управления экономикой и др.

Налицо несоответствие развития производительных сил производственным отношениям, сохранившийся дисбаланс в размещении как отдельных производств, так и целых отраслей, их трансформация, появле-

ние новых производств, ориентированных на экстенсивное использование природных ресурсов и т.д.

За постперестроечное время привлечен гораздо меньший объем капитальных вложений в лесопромышленный сектор. Становится очевидным, что надежды на функционирование рыночных законов в экономике без участия государства на современном этапе развития производительных сил не увенчаются успехом.

Задача науки состоит в нахождении модели экономического развития, учитывающей баланс интересов государства и частного бизнеса при условии, что вектора этих интересов не совпадают по направлению. Очевидно, что необходимо искать что-то среднее между административно-плановой экономикой и рыночной, ориентируясь преимущественно на рыночные экономические отношения. Одной из таких форм взаимоотношения государства – собственника лесных ресурсов – и частного бизнеса является развитие взаимовыгодного частно-государственного партнерства [10]. При этом основным методом организации капитальных вложений должен стать экономический.

Одной из первых попыток наладить частно-государственное партнерство в лесопромышленном секторе является принятие постановления Правительства России о реализации приоритетных инвестиционных проектов [8]. Экономическая сущность постановления заключается в предоставлении частному бизнесу преференций при получении лесных ресурсов и снижении платежей за их использование при условии инвестирования в лесную или лесоперерабатывающую инфраструктуру в виде капитальных вложений в сумме не менее 300 млн руб.

И опять мы видим, что привлечение инвестиций в лесопромышленный комплекс в современных условиях тесно связано с территориальным размещением производительных сил.

В статье кратко рассмотрен исторический опыт освоения капитальных вложений

в лесопромышленный комплекс. Учитывая уроки прошлого, необходимо применять комплексный подход к обоснованию инвестиций в лесную или лесоперерабатывающую инфраструктуру с увязкой не только по одному элементу – обеспеченности лесными ресурсами, но и по конечным продуктам, получаемым в результате реализации приоритетных инвестиционных проектов.

### Библиографический список

1. Канторович, Л.В. Динамическая модель оптимального планирования. В кн. «Планирование и экономико-математические методы» / Л.В. Канторович. – М.: Наука, 1964.
2. Коробов, П.Н. Математическое программирование и моделирование экономических процессов / П.Н. Коробов. – СПб.: Изд-во ДНК, 2003. – 376 с.
3. Лобовиков, Т.С. О перспективах развития лесной промышленности в европейско-уральской зоне СССР / Т.С. Лобовиков. – М.: Лесная пром-сть, 1964. – № 3.
4. Лобовиков, Т.С. Обоснование оптимальных структур и объемов производства лесопромышленного комплекса / Т.С. Лобовиков, Д.Н. Фогель, К.И. Щетинина и др. // Лесная промышленность. – 1969. – № 5.
5. Медведев, Н.А. Капитальные вложения в основные фонды в отраслях лесной промышленности / Н.А. Медведев, В.В. Глотов и др. – М.: Лесная пром-сть, 1968. – 232 с.
6. Методика оптимального перспективного отраслевого планирования. – М., 1966, ЦНИИТЭСТРОМ МПСМ СССР и НИИЭС Госстроя СССР.
7. Пробст, А.Е. Оптимальные размеры предприятий и районные факторы / А.Е. Пробст // Вопросы экономики. – 1967. – № 5.
8. Постановление Правительства РФ от 30.06.2007, №419 «О приоритетных инвестиционных проектах в области освоения лесов».
9. Размещение производительных сил / Под ред. В.В. Кистанова, Н.В. Копылова. – М.: Экономика, 1994.
10. Экономика природных ресурсов, 2-е изд. – СПб.: Питер, 2004. – 256 с.
11. Фейгин, Я.Г. особенности размещения отраслей производства и развитие хозяйства экономических районов. В кн.: Особенности и факторы размещения отраслей народного хозяйства СССР / Я.Г. Фейгин. – М.: Изд-во АН СССР, 1960.
12. Хачатуров, Т.С. Экономическая эффективность капитальных вложений Т.С. Хачатуров. – М.: Экономика, 1964.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ НА ПРИМЕРЕ ОАО «ПАРФИНСКИЙ ФАНКОМБИНАТ»

О.М. КОЗЛИТИНА, *ст. преподаватель каф. менеджмента и маркетинга МГУЛ*

*kozlitina@mgul.ac.ru*

В современном экономическом словаре Б.А. Райзберга дано следующее определение инвестиционной политики предприятия: инвестиционная политика – составная часть экономической политики, проводимой предприятиями в виде установления структуры и масштабов инвестиций, направлений их использования, источников получения с учетом необходимости обновления основных средств и повышения их технического уровня [1]. Для крупных предприятий реальная инвестиционная деятельность прежде всего связана с необходимостью модернизации и повышения технического уровня производственных мощностей, рационализации и диверсификации производства, в основе которого основные средства. Эти средства выступают центром организации эффективного взаимодействия вовлекаемых в производство ресурсов, поэтому актуальны проблемы привлечения инвестиций в основной капитал.

Одним из ведущих предприятий лесного комплекса является ОАО «Парфинский фанкомбинат». Однако старое оборудование и заметное сокращение рыночного спроса на квадратную фанеру сдерживают развитие предприятия, снижают важные социально-экономические показатели. Это привело к тому, что в настоящее время комбинат находится в числе предприятий со средней бюджетной эффективностью и относительно низким уровнем оплаты труда.

С учетом перспектив качественного улучшения производственно-экономической

и социальной ситуации предприятие проводит целенаправленную политику всестороннего развития. Реализация этой политики привела к появлению проекта по организации современного производства большеформатной фанеры, открывающего новые экономические перспективы для предприятия и района.

К сожалению, нестабильная экономическая ситуация в стране, вызванная мировым кризисом, создает проблемы своевременной и полномасштабной реализации данного проекта. Несмотря на обещания инвесторов и заинтересованность отрасли в данной продукции, реализация проектов задерживается в связи с неплатежами и высокими процентными ставками.

В данных условиях актуальна разработка методики оптимизации объемов инвестиций, учитывающей, с одной стороны, несвоевременность инвестиций, с другой – возможность переоснащения производства при минимальных потерях.

Одним из классических методов оптимизации является линейное программирование, суть которого заключается в следующем [2].

Имеется  $n$  инвестиционных проектов  $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$ , которые реализуются в течение  $m$  временных периодов (периодом может быть месяц, квартал, полугодие, год). В начале каждого периода в каждый проект необходимо инвестировать определенную сумму, а прибыль начисляется в конце  $m$ -го периода. Эти данные удобно представить в виде следующей таблицы.

Т а б л и ц а 1

### Инвестирование в проекты

Проект	Инвестирование в начале каждого периода				Ожидаемая прибыль
	1-й период	2-й период	...	$m$ -й период	
$\Pi_1$	$C_{11}$	$C_{12}$	...	$C_{1m}$	$d_1$
$\Pi_2$	$C_{21}$	$C_{22}$	...	$C_{2m}$	$d_2$
...	...	...	...	...	...
$\Pi_n$	$C_{n1}$	$C_{n2}$	...	$C_{nm}$	$d_n$
Возможности инвестирования	$S_1$	$S_2$	...	$S_m$	



К этим ограничениям необходимо добавить и условия неотрицательности для переменных  $y_1, y_2, \dots, y_m$ .

Как уже упоминалось, реализация проектов модернизации оборудования на ОАО «Парфинский фанкомбинат» идет с большими задержками, причем процентные ставки часто меняются. В этих условиях компьютерная реализация предложенной в статье модели имеет значительную практическую ценность, поскольку позволяет, во-первых, оперативно пересчитывать распределение инвестиций по отдельным этапам проекта реконструкции производства, во-вторых, «проигрывать» сценарии различных вариантов распределения инвестиций, например, в случаях переноса части инвестиционных сумм с одного этапа на другой или принятия решения о дополнительных инвестициях из получаемой прибыли.

Для удобства программа, реализованная на Excel, снабжена диалоговым окном, в которое пользователь может вводить или изменять различные параметры данной модели.

Данные об инвестиционных проектах ОАО «Парфинский фанкомбинат», рассчитанные по данной модели на начало 2009 г., представлены в табл. 2.

Программа расчета инвестиционных проектов внедрена в ОАО «Парфинский фанкомбинат».

#### Библиографический список

1. Райзберг, Б.А. Современный экономический словарь / Б.А. Райзберг, Л.Ш. Лозовский. – М.: ИНФРА-М, 2005.
2. Волков, А.С. Инвестиционные проекты: от моделирования до реализации / А.С. Волков. – М.: Вершина, 2006.

## ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ЗАМЕНЫ ИЗНОШЕННЫХ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ

О.М. КОЗЛИТИНА, *ст. преподаватель каф. менеджмента и маркетинга МГУЛ*

*kozlitina@mgul.ac.ru*

Одним из наиболее важных факторов, характеризующих конкурентное преимущество хозяйствующих субъектов, является уровень производственного потенциала, который представляет собой совокупность внутренних резервов и ресурсов в области производства, технологий, затрат, инноваций. За последние годы производственный потенциал многих предприятий, особенно в лесной промышленности, резко упал вследствие высокой степени износа основных производственных фондов, значительного превышения нормативного срока службы оборудования, а также низкого уровня инвестиций в основной капитал. Степень износа основных фондов по всей территории РФ достаточно высока и продолжает расти, так как основные средства ЛПК достигли критического уровня, тем самым создав проблему реконструкции и перевооружения комплекса. Для закупок новой передовой техники требуются миллиарды долларов, которых у предприятий отрасли

нет, и самостоятельно с проблемой перевооружения комплекса им не справиться. Для того чтобы поддерживать первоначальную мощность действующих предприятий, необходимо осуществлять инвестиции в модернизацию, среднесрочный и капитальный ремонт оборудования, реконструкцию воспроизводства, полную или частичную замену пришедших в непригодность фондов. Для этого необходимо решить ряд вопросов, связанных с разработкой, внедрением и управлением инвестиционных проектов, направленных:

- на замену изношенных основных фондов действующего, но уже морально устаревшего оборудования;
- расширение действующего производства или рынка сбыта ранее изготавливаемой продукции;
- разработку новых продуктов;
- расширение рынков за счет инвестиций в оборудование, связанное с охраной окружающей среды и безопасности труда.

Практика сегодняшнего дня показывает, что проекты, направленные на замену оборудования (проекты реноваций), весьма актуальны в связи с большим износом оборудования отрасли. При использовании устаревшего оборудования возрастают издержки производства, а отсюда и низкое качество продукции. Из-за длительного простоя оборудование становится непригодным к эксплуатации, поэтому весьма часто его можно использовать как запчасти, чтобы обеспечить работу еще функционирующей технике. В последние годы ситуация в отрасли стала меняться в лучшую сторону, но коренного изменения так и не произошло.

Вопрос экономической эффективности инвестиционной замены изношенных основных фондов остается открытым. Для реализации проектов реноваций необходимо сравнивать возможные варианты инвестиции в отдельные сферы производства, сопоставлять затраты на отдельные агрегаты (например, выбирать среди номенклатуры деревообрабатывающего оборудования конкретный тип с минимально необходимыми параметрами) с тем, чтобы использовать их для расширения существующего производства.

При планировании инвестиционных проектов, которые обеспечивают замену основных производственных фондов, следует различать экономическую и техническую долговечность оборудования. Со временем из-за ремонта оборудования увеличиваются производственные затраты, а после выхода из строя оборудования снижаются доходы. Это происходит потому, что устаревшее оборудование препятствует внедрению новых способов производства, которые в состоянии были бы обеспечить более высокую прибыль. Таким образом, техническая долговечность может играть большую роль, чем экономическая.

Проблема принятия решения о замене и переоснащении оборудования может быть сформулирована как задача максимизации чистой дисконтированной стоимости инвестиций относительно долговечности оборудования. Для этого необходимо сначала рассчитать долговечность первоначальных инвестиций (например, [1]).

Если  $K_w$  – чистая дисконтированная стоимость инвестиций,  $E_t$  – поступления в период  $t$ ;  $A_t$  – выплаты в период  $t$ ,  $L_t$  – доход от ликвидации в момент замены оборудования  $t'$ ,  $A_0$  – первоначальные инвестиции,  $r$  – интенсивность наращивания сложных процентов, тогда получаем следующую целевую функцию

$$KW = \int_0^{t'} (E_t - A_t) e^{-rt} dt + L_t e^{-rt} - A_0.$$

Чистая дисконтированная стоимость максимизируется при

$$dKW / Dt = (E_t - A_t) e^{-rt} + (dL / dt) e^{-rt} - r(L_t) e^{-rt} = 0.$$

Поэтому  $E_t = A_t - (dR / dt) + L_t$ .

Затраты периода  $t$  включают:

- текущие производственные затраты  $A_p$ , к которым относятся также ремонтные работы и техническое обслуживание;
- уменьшение доходов от продажи оборудования по остаточной стоимости как упущенные поступления  $(dL / dt)$ ;
- проценты на выручку от продажи остатков упущенных поступлений при собственном финансировании, или произвольных выплат при финансировании со стороны  $(rL_t)$ .

Последующие инвестиции дадут положительную чистую дисконтированную стоимость, при этом сократят срок полезного использования при замене одного оборудования другим. Если в дальнейшем использовать старое оборудование, то, кроме затрат при первоначальном инвестировании, придется отказаться от положительного дохода от последующих инвестиций. Дополнительными критериями первоначального инвестирования являются следующие условия:

- 1) предельная прибыль при прекращении эксплуатации равна нулю;
- 2) предельная прибыль должна перекрыть альтернативные затраты, связанные с отказом от последующих инвестиций.

Оптимальный срок эксплуатации оборудования можно получить, если допустить возможность непрерывных последующих инвестиций с учетом альтернативной чистой дисконтированной стоимости для различных сроков эксплуатации, преобразовав при этом чистую дисконтированную стоимость с помощью коэффициента возврата капитала и

выбрав срок эксплуатации, при котором достигается самая высокая прибыль.

Ключевым является вопрос, какую экономию можно получить при замене имеющегося производственного актива новым оборудованием. В этом случае, по мнению автора, рекомендуется вычислять текущую стоимость сэкономленного капитала, приравняв его стоимости актива, а затем находить чистую текущую стоимость (экономию) или внутреннюю норму окупаемости инвестиций. Но стоимость новых активов уже учтена, так как это и есть капиталовложения, сделанные на момент покупки, а начисленную амортизацию новых и старых активов стоит отбросить.

Нужно иметь в виду, что любое уменьшение ликвидационной стоимости старых активов это и есть необратимые издержки. Не стоит забывать о значении базы налогообложения для старого имущества и о налоговых льготах по амортизации.

### Библиографический список

1. Бирман, Г. Экономический анализ инвестиционных проектов / Г. Бирман, С. Шмидт: пер. с англ. под ред. Л.П. Белых. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 2003. – 191 с.
2. ФЗ РФ от 25.02.1999 № 39-ФЗ «Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений» (ред. От 02.01.2000).

## БИЗНЕС-МОДЕЛИ МЕБЕЛЬНОГО РЫНКА РОССИИ

А.А. ДАШКОВ, *проф. каф. менеджмента и информационных технологий МГУЛ, канд. техн. наук,*  
Ф.И. СИМАНОВСКИЙ, *ассистент каф. менеджмента и информационных технологий МГУЛ*

*dashkov@mguc.ac.ru; f.simanovskiy@gmail.com*

В последнее время в различных печатных изданиях и сети Internet очень часто встречается термин «бизнес-модель», причем употребляется он в совершенно непонятных контекстах, или, что чаще всего, не несет совершенно никакой смысловой нагрузки. Что же такое «бизнес-модель» – очередной модный термин, который уже стал элементом китча, или мейнстрим современного менеджмента? Действительно ли раскрытие понятия «бизнес-модель» способно что-либо дать современному бизнесу, или же этот термин олицетворяет собой очередную попытку побега от безысходности и тупиковой ситуации, которая отчасти наблюдается в современном менеджменте?

Чтобы ответить на эти вопросы, необходимо понять, что такое бизнес-модель, проанализировать предпосылки ее появления и эволюции и выработать методологию ее применения.

В рамках данной статьи мы попытаемся ответить на первый из поставленных вопросов – что же такое бизнес-модель?

Используя метод Абрахамсона, заключающийся в отслеживании периодичности употребления определенных терминов с целью изучения их развития, Александр Остер-

вальдер (Alexander Osterwalder) и Ив Пигнеу (Yves Pigneur) из университета Лозанны совместно с Кристофером Л. Туччи (Christopher L. Tucci) из швейцарского федерального технологического института с помощью базы данных, находящейся по адресу <http://www.EBSCOhost.com>, провели исследование и отслежили периодичность употребления термина бизнес-модель в академических и деловых печатных изданиях (рис. 1).

Исследование показало, что, несмотря на то что впервые термин бизнес-модель был напечатан в академической статье в 1957 г., он относительно молод, но в настоящее время интерес к нему растет в геометрической прогрессии.

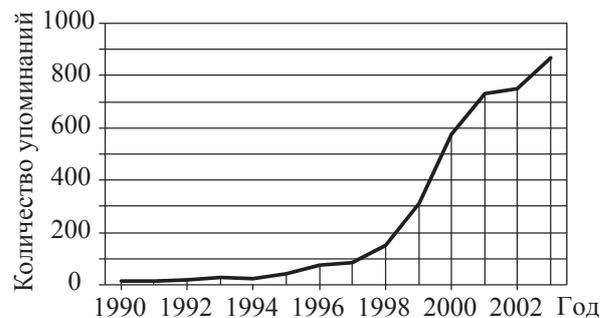


Рис. 1. Результаты исследования частоты употребления термина бизнес-модель

**Параметры проектирования модели бизнеса**

Параметр	Ключевая проблема	Ключевые вопросы
Выбор потребителей	Каких потребителей я хочу обслуживать?	Каким потребителям я действительно могу предоставить настоящую ценность? Какие потребители разрешат мне получать прибыль? Каких потребителей я не хочу обслуживать?
Получение вознаграждения	Каким образом я могу получить прибыль?	Как я могу получить вознаграждение в виде прибыли или части ценности, которую я создал для потребителей? Какова моя модель прибыли?
Дифференциация продукции / стратегический контроль	Как я смогу защитить поток моих прибылей?	Почему выбранные мною потребители покупают у меня? Что делает мое предложение ценности уникальным / дифференцированным по сравнению с моими конкурентами? Какие точки стратегического контроля могут позволить компании успешно противодействовать потребительской или конкурентной мощи?
Выбор масштабов деятельности	Какие виды деятельности я должен осуществлять?	Какие продукты, услуги или решения я хочу продать? Какие виды деятельности или функции я хочу осуществлять в своей компании? Какие виды деятельности или функции я хочу отдать подрядчику или партнеру по бизнесу?

Надо отметить, что достаточно часто происходит путаница понятия «бизнес-модель» с понятиями «модель бизнес-процессов», «модель бизнеса», «модель получения прибыли», «модель организации бизнеса», «моделирование бизнеса» и «бизнес-стратегия».

Чтобы разобраться, чем все эти понятия отличаются друг от друга, рассмотрим каждое из них.

Модель бизнес-процессов – отражение субъективного видения потока работ в виде формальной модели, состоящей из взаимосвязанных операций, являющейся средством поиска путей оптимизации деятельности компании, позволяющим определить, как компания работает в целом и как организована деятельность на каждом рабочем месте.

Бизнес-процесс – упорядоченная во времени и пространстве совокупность взаимосвязанных операций, направленных на получение определенного результата, с указанием начала и конца, точным определением входов и выходов, а также механизмов исполнения и управления [1].

Наиболее подробно модели бизнеса рассматривали Адриан Сливотски и Дэвид Моррисон в книге «Маркетинг со скоростью мысли» [2]. Основная идея их концепции заключалась в том, что модель бизнеса компаний рассмат-

ривалась с позиции образования прибыли. Ими были предложены четыре взаимозависимых стратегических параметра проектирования модели бизнеса компании (табл. 1).

Согласованные ответы на поставленные вопросы формируют модель бизнеса. Причем за счет новаторского отношения к проектированию можно добиться выдающихся результатов. Также А. Сливотски и Д. Моррисоном были рассмотрены 22 модели получения прибыли (табл. 2).

Различают морфологическую, функциональную и параметрическую модели организации бизнеса:

1. Морфологическая модель (ситуационный анализ) – словесное описание бизнеса, то есть потока товарно-материальных ценностей, финансовых и информационных потоков, а также методология ведения бизнеса.

2. Функциональная модель – определяет основные роли участников бизнеса (продавец, покупатель, перевозчик, оптовый и розничные торговцы и т.д.) и распределение между ними правил взаимодействия.

3. Параметрическая модель – направлена на то, чтобы рассчитать результаты по основным участникам цепочки и разработать на этой основе новые решения по организации бизнеса.

**Модели получения прибыли**

Модель прибыли	Компании, успешно практикующие их
на основе предлагаемых потребительских решений	GE, USAA, Nordstrom, ABB, «Nalco», HP
на основе пирамиды продукции	SMH («Swatch»), Mattel
на основе мультикомпонентной системы	Coca-Cola, Mirage Resorts
коммутирующего типа	Schwab, USAA, Auto-by-Tel, CAA
временного типа	Intel, Bankers Trust, Sony
блокбастерного типа	Merck, Disney, NBC
многослойной прибыли	Disney, Virgin, Honda
предпринимательского типа	Thermo Electron, ABB, 3M
от общей специализации	ABB, EDS, Wallace
на основе первоначально созданной базы потребителей	Microsoft, Otis Elevator, Gillette, GE
от установления фактического стандарта	Microsoft, Oracle
на основе бренда	Intel, Coca-Cola, Nike
на основе выпуска специализированной продукции	Hercules, Merck, 3M, Great Lakes Chemical
на основе местного лидерства	Starbuck's, Wal-Mart
на основе транзакционных масштабов	Morgan Stanley, British Airways
на основе занятия ведущей позиции в цепочке ценности	Intel, Blockbuster Video, Republic Industries
на основе цикличности спроса и предложения	Toyota, Dow Chemical
на основе послепродажных услуг	GE, Softbank (Kingston)
на основе новых продуктов	Compaq, Chrysler
на основе относительной доли рынка	Procter & Gamble, Philip Morris
на основе кривой накопления опыта	Milliken, Emerson Electric
на основе структуры бизнеса с низкими издержками	Nucor, Southwest Air, Dell

**Отличия проектирования бизнес-модели от формирования бизнес-стратегии компании**

Проектирование бизнес-модели	Формирование бизнес-стратегии
Создание ценности Бизнес-модель фокусируется на создании ценности для потребителей	Захват ценности Бизнес-стратегия фокусируется на получении прибыли
Ценность бизнеса Бизнес-модель является архитектурой для того, чтобы преобразовать инновации в экономическую ценность для бизнеса. Бизнес-модель не сосредотачивается на том, чтобы поставлять эту ценность акционеру	Ценность акционеров Бизнес-стратегия фокусируется на ценности акционеров и различных методах финансирования и привлечения инвестиций
Бизнес-модель может иметь ограниченную информацию о внешней среде, в которой функционирует компания	Бизнес-стратегия зависит от данных о внешней среде и подразумевает более сложный и полный анализ

Разработка бизнес-модели отличается от моделирования бизнеса. Бизнес-модель определяет бизнес-концепцию и бизнес-логику компании на стратегическом уровне, тогда как моделирование бизнеса основывается на проектировании бизнес-процессов на операционном уровне.

Основная цель моделирования бизнеса компании – построение модели организации бизнес-процессов компании, их анализа и совершенствования. Объектами моделирования бизнеса компании являются матери-

альный, финансовый и информационный потоки. Бизнес-модель – важный детерминант прибыли, которая будет получена от инноваций. Посредственная инновация с применением великолепной бизнес-модели может быть более прибыльна, чем великолепная инновация с посредственной бизнес-моделью.

Поскольку стартапы могут выбрать из существующих или создать новую бизнес-модель, в этом отношении они имеют преимущество перед более утвердившимися компаниями.

**Основные бизнес-модели, присутствующие на мебельном рынке России**

Бизнес-модель	Типичные представители
Производственная	Аллегро-классика ( <a href="http://www.allegroclassica.ru">www.allegroclassica.ru</a> ), 8 Марта ( <a href="http://www.8mart.ru">http://www.8mart.ru</a> ), Зов ( <a href="http://www.zov.by">http://www.zov.by</a> )
Производственно-сбытовая	Шатура ( <a href="http://www.shatura.com">www.shatura.com</a> ), Живые диваны ( <a href="http://moon.ru">moon.ru</a> )
Девелоперская	Гранд ( <a href="http://www.grandfs.ru">www.grandfs.ru</a> ), Три Кита ( <a href="http://www.3kita.ru">www.3kita.ru</a> ), База ( <a href="http://www.база.ru">http://www.база.ru</a> )
Конструкторская	Стильные Кухни ( <a href="http://www.faraon-s.ru">www.faraon-s.ru</a> ), Мебпром ( <a href="http://www.zakazmebel.ru">http://www.zakazmebel.ru</a> )
Посредническая	Arredo ( <a href="http://www.arredo.ru">http://www.arredo.ru</a> ), Евроинтерьер ( <a href="http://www.eurointerier.ru">http://www.eurointerier.ru</a> )
Дилерская	Kika ( <a href="http://www.kika.ru">www.kika.ru</a> ), Di-mebel ( <a href="http://www.di-mebel.ru">http://www.di-mebel.ru</a> ).
Франчайзинговая	Цвет диванов ( <a href="http://www.zvet.ru">www.zvet.ru</a> ), Мебель плюс ( <a href="http://www.mebelplus.ru">www.mebelplus.ru</a> ), Boconcept ( <a href="http://www.boconcept.ru">http://www.boconcept.ru</a> )
DIY	Леруа Мерлен ( <a href="http://www.leroymerlin.ru">www.leroymerlin.ru</a> ), Obi ( <a href="http://www.obi.ru">www.obi.ru</a> ), Максидом ( <a href="http://www.maxidom.ru">www.maxidom.ru</a> )
Бизнес-модель ИКЕА	ИКЕА ( <a href="http://www.ikea.com">www.ikea.com</a> ), а также ряд отечественных компаний, которые пытаются копировать ее бизнес-модель, типа Меббери ( <a href="http://www.mebbery.ru">http://www.mebbery.ru</a> ).

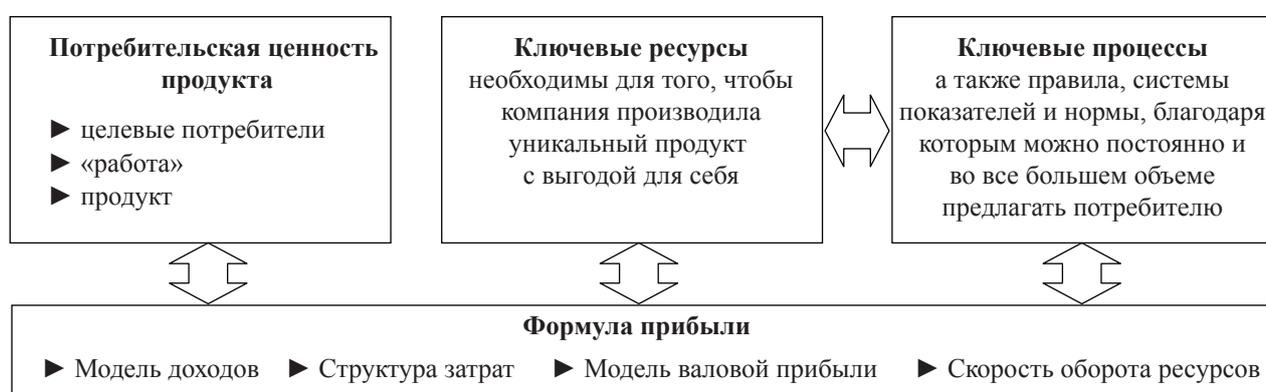


Рис. 2. Концептуальная бизнес-модель, представленная в HBR

В дополнение к риску, понесенному в технологической и экономической областях, неэффективная бизнес-модель добавляет дополнительный риск, и венчурные компании обычно более готовы принять этот риск, чем большие, устоявшиеся компании.

Фактически венчурные инвесторы вкладывают капитал в бизнес-модель. Следовательно, часто венчурный капитал привлекается для проведения изменений в бизнес-модели, когда становится очевидным, что используемая бизнес-модель не работает [3].

Основные отличительные черты бизнес-модели и бизнес-стратегии представлены в табл. 3.

После изучения информации, связанной с современными исследованиями в области формирования и описания бизнес-моделей, были выбраны определения, позволяющие оценить и понять многогранность данного термина.

Упомянутые выше Александр Остервальдер и Ив Пигнеу с Кристофером Л. Тучи,

занимающиеся вопросами, связанными с исследованиями происхождения и описанием действующих и будущих концепций бизнес-моделей, так сформулировали их определение:

*«Бизнес-модель – концептуальный инструмент, содержащий ряд элементов и описывающий связи между ними, позволяющий выразить бизнес-логику определенной фирмы. Это описание ценности, которую компания предлагает одному или нескольким сегментам потребителей, структуры компании, сети ее партнеров для создания, маркетинга и доставки этой ценности, а также преимущества взаимоотношений, направленных на создание выгодных и устойчивых потоков прибыли» [4].*

Исследователи из массачусетского технологического института (Massachusetts Institute of Technology, MIT) Томас Мэлон (Thomas Malone) и Питер Уэйл (Peter Weill), занимающиеся изучением бизнес-моделей в американской экономике, сформулировали следующее определение бизнес-модели:

«Бизнес-модель – описание действий, которые компания выполняет, чтобы произвести доход или другие выгоды, отношения, информацию, а также товарооборот компании с ее клиентами, поставщиками и партнерами» [5].



Рис. 3. Производственная бизнес-модель

Известный инвестиционный эксперт, президент компании DSD Marketing, Дон Дебелак (Don Debelak), придерживается следующего определения, взятого из online-энциклопедии Wikipedia:

*«Бизнес-модель – это инструмент, используемый компанией для получения прибыли. Это совокупность принципов организации внутренней работы фирмы и обслуживания клиентов, подкрепляемая стратегией (что компания намеревается делать) и методами ее реализации (как компания собирается выполнить свои планы)» [6].*

Можно выделить 2 вида бизнес-моделей – классические и инновационные.

Классические бизнес-модели – применявшиеся когда-либо бизнес-модели, часто копируемые компаниями со схожими концепциями бизнеса и технологическими возможностями. Составляют основу бизнес-среды.

Инновационные бизнес-модели базируются на никогда ранее не применявшихся механизмах моделирования бизнеса, характеризуются уникальной технологической и/или философской концепцией бизнеса.

Со временем любая успешная инновационная бизнес-модель может стать классической, также как и классическая бизнес-модель иногда может стать инновационной, если ее применить в неспецифичной для нее среде или отрасли.

Одной из наиболее интересных на сегодняшний день концепций проектирования бизнес-моделей является методология, опубликованная в журнале HBR [7], предложенная Марком Джонсоном (Mark W. Johnson) – председателем и одним из основателей консалтинговой фирмы по инновациям Innosight, Клейтоном Кристерсеном (Clayton M. Christensen) – профессором Гарвардской школы бизнеса, а также одним из основателей Innosight, и Хеннингом Кагерманном (Henning Kagermann) – директором SAP AG в Вальдорфе. Они систематизировали свои тезисы в таблицу (рис. 2).

Данная концепция была использована для анализа игроков российского мебельного рынка, в ходе которой были классифицированы и проанализированы бизнес-модели компаний, функционирующие в данной отрасли.

В табл. 4 представлены основные бизнес-модели, присутствующие на мебельном рынке России.

В качестве примера рассмотрим подробнее одну из наиболее наглядных, по мнению авторов, бизнес-моделей на российском мебельном рынке, а именно производственную бизнес-модель (рис. 3).

В сегодняшних реалиях мирового кризиса многие компании идут на дно, потопляемые морем невыполненных финансовых обязательств и задыхающиеся от нехватки кислорода, который олицетворяют клиенты. И не важно, какое у вас плавательное средство – огромный крейсер или маленькая моторная лодка, важно лишь то, что на дне окажутся все, и это лишь вопрос времени. Но есть компании, которые только выигрывают от этого потопа – это своеобразные субмарины, в нелегкие времена с легкостью обходящие тонущие крейсера компаний, которые несколько лет назад были единоличными властителями водной глади. И именно осознание, анализ и усовершенствование бизнес-модели компании или создание новой, инновационной бизнес-модели позволит трансформировать тонущий фрегат в непотопляемый Наутилус.

#### Библиографический список

1. Каленский, В.С. Топ-менеджер / В.С. Каленский, В.В. Масленников. – М.: Издательский дом МЦФЭР, 2005.
2. Сливотски, А. Маркетинг со скоростью мысли / А. Сливотски, Д. Моррисон. – М.: Изд-во Эксмо, 2002.
3. Henry Chesbrough, Richard S. Rosenbloom, «The role of the business model in capturing value from innovation: evidence from Xerox Corporation's technology spin-off companies», *Industrial and Corporate Change*, Volume 11, Number 3, pp. 529-555, Oxford University Press 2002.
4. Osterwalder Alexander, Pigneur Yves, Tucci Christopher L. «Clarifying Business Models: Origins, Present, and Future of the Concept», *Communications of the Association for Information Systems*, vol.15, May 2005.
5. Malone Thomas, Weill Peter «Changes in Business Models»: <http://seeit.mit.edu/businessmodels.asp>
6. Дебелак, Д. Бизнес-модели. Принципы создания процветающей организации / Д. Дебелак. – М.: Издательский дом Гребенникова, 2009.
7. Johnson Mark W., Christensen Clayton M., Kagermann Henning, «Reinventing Your Business Model», *Harvard Business Review*, May 2006.

## ФОРМЫ ВЕДЕНИЯ РОЗНИЧНОГО МЕБЕЛЬНОГО БИЗНЕСА НА ПРИМЕРЕ ЛОКАЛЬНОГО РЫНКА ГОРОДА МЫТИЩИ

А.А. ДАШКОВ, *проф. каф. менеджмента и информационных технологий МГУЛ*,  
Г.М. ДЕМИДОВ, *соискатель каф. менеджмента и информационных технологий МГУЛ*

*dashkov@mguc.ac.ru; gmdemidov@ya.ru*

**В** период экономического благополучия мебельный рынок был одним из самых быстрорастущих. Это обуславливалось несколькими причинами. Во-первых, активно шло строительство жилых площадей. Во-вторых, существовала тенденция экстенсивного роста, когда практически любая мебель могла найти своего потребителя. В-третьих, у потребителей были свободные средства, которые он мог позволить себе вложить в мебель. В-четвертых, мебельный бизнес был «прост» по своим процессам – не надо было прилагать какие-либо особые усилия для того, чтобы получить долю на рынке. Существовавшие обстоятельства породили различия в региональном делении розничных сетей мебели. По данным исследований РБК, первое место по количеству сетевых мебельных магазинов занимает Центральный федеральный округ, второе место, с двукратным отставанием, занимает Приволжский округ [1]. Чем ближе регион расположен к Москве, тем более развита в нем мебельная розничная система. Это объясняется привлекательностью жизни в нем и тем, насколько развито жилищное строительство в регионе.

В ныне действующих условиях экономической реальности мебельный рынок несколько затормозил развитие – экстенсивности не наблюдается. После того, как закончилась наиболее тяжелая для промышленности и потребителей часть экономического кризиса, начался период стабильности и оптимистического подъема. Например, в Московской области возобновляется строительство жилых домов, более активно выдаются кредиты, работодатели начинают снова искать сотрудников [2] – все это ведет, в той или иной мере, к росту благосостояния и, безусловно, к росту потребительской активности. Сейчас наиболее удобный период для возобновления роста мебельной промышленности страны в целом и отдельных ее регионов.

Поскольку одним из важнейших центров деревообрабатывающей и мебельной промышленности является город Мытищи, рассмотрим ситуацию на розничном мебельном рынке этого города.

В городе существуют различные форматы ведения розничного мебельного бизнеса.

1. Марочная дилерская модель – крупные торговые центры и торговые дома, сдающие площади лишь производителям мебели, тем самым собирающие под своей крышей практически весь ассортимент мебели.

2. Дилерский центр с родовым названием – торговые площади, которые сдаются производителям мебели и сопутствующих товаров для обустройства быта (ковры, линолеум, средства для чистки и т.д.).

3. Бутик производителя – небольшие магазины, где представлена мебель лишь одного производителя.

4. Дом для дома – торговая площадь принадлежит сильной торговой марке, которая реализует мебель для всех комнат дома, а также сопутствующие товары для строительства, ремонта и ухода за домом.

Рассмотрим эти форматы и торговые марки, которые их используют, более подробно.

### Марочная дилерская сеть

Прежде всего о том, что подразумевается под этим названием. Марочная торговая сеть – крытые площади (от 20000 кв. метров до 60000 кв. метров) под собственной торговой маркой, которые специализируются на схожем ассортименте. К таким сетям можно отнести два торговых центра в городе Мытищи – XL (Коммунистическая улица, дом 10) и Формат (Олимпийский проспект, дом 29).

Торговый комплекс XL – общая площадь 56000 м<sup>2</sup>. На площадях представлены мебель, товары для дома, ремонта и ухода за

домом. Необходимо отметить, что данный торговый комплекс является еще и развлекательным. Это может говорить о том, что при основании XL не предполагалась мебель как основной источник доходов. Так или иначе, но комплекс делится на два корпуса: первый – мебельный, второй – развлекательный. Нас интересует мебельный. Торговый центр лишь сдает торговые площади. Собственного производства или размещения заказов на производство мебели под собственной торговой маркой нет. Кроме того, никакого особого статуса у клиентов, купивших мебель в торговом центре XL, нет. То есть покупатель мебели не может рассчитывать на дополнительные услуги от торгового центра или предпочтения в обслуживании у производителя, что является отрицательным фактором в процессе построения бренда центра. Ассортимент торгового центра не специализирован, то есть на торговых площадях представлены и мягкая мебель, и офисная, и ванны, и кухни.

Торговый комплекс «Формат» – общая площадь 36500 м<sup>2</sup>. Ранее на площадях торгового центра располагался супермаркет бытовой техники и электроники, а также магазин сети сотовой связи, но, видимо, из-за восприятия потребителями «Формата» как мебельного торгового центра этот супермаркет был закрыт и на его месте открыли супермаркет принадлежностей для обустройства быта. Торговый комплекс также не производит и не размещает заказы на производство мебели под своей торговой маркой. Основой является сдача в аренду площадей для однородных товаров. В отличие от торгового центра XL данный комплекс уже сформировал свой образ в восприятии потребителей. «Формат» воспринимается однозначно как мебельный торговый комплекс. Об этом может говорить то, что немебельные предприятия в «Формате» не являются успешными (закрытие супермаркета электроники, сетевого магазина мобильных телефонов, продуктового супермаркета), а мебельные не меняют местоположения. Конечно, некоторые мебельные подиумы в «Формате» закрываются – это обусловлено высокой конкуренцией и концентрацией аналогичных предложений. В торговом комплексе XL иная картина. Здесь находят своих кли-

ентов продуктовые супермаркеты, магазины электроники и другие магазины, которые никак не связаны с обустройством быта.

### Дилерский центр с родовым названием

Иным форматом работы мебельной розницы является дилерский центр с родовым названием. Такими центрами могут являться как крупные, так и более мелкие торговые площади. Основным отличием таких центров от марочных сетей является то, что название магазина не персонализировано, но дифференцирует его от конкурентов, как ТЦ Формат или ТРЦ XL. Такие центры обычно называются общими названиями: «Мебель», «Кухни», «Дом мебели»; либо более узкими: «Мягкая мебель», «Мебель для офиса». С точки зрения маркетинга такие торговые центры одни из самых слабых в плане завоевания ниши в сознании потребителя. Такие торговые центры были популярны в дорыночные времена (до 1991 г.), когда на торговые марки обращалось самое минимальное внимание, либо они вообще не имели значения. Такие торговые центры сильны тем, что потребитель сразу знает, что ему предложат. Подобные центры выбирают для размещения на своих площадях мебель с самыми низкими ценами. Оно и понятно: необходимо поддерживать репутацию, которая за ними закрепилась давно – ориентация на низкие цены. Для клиентов такого рода торговых комплексов цена является определяющим фактором в выборе мебели, а не дизайн, гарантии или материал производства.

Переходя к конкретным магазинам в городе Мытищи, отметим следующие: «Дом мебели» на улице Юбилейная и магазин «Мебель» на Олимпийском проспекте, магазин «Мебель для офиса» в начале Новомытищинского проспекта и магазин «Мебель» в конце этого проспекта.

«Дом мебели» на Юбилейной – один из старейших мебельных торговых центров города. В ассортименте различные виды мебели – мягкая, прихожие, а также товары для обустройства быта – замки, ковры и так далее. «Дом мебели» располагается в стратегически привлекательном районе – на пересечении улиц Мира и Юбилейной, там где строится новый жилой квартал «Ярославский» и уже

возведен жилой квартал по улицам Мира и Колпакова. Это, судя по всему, обеспечивает достаточный приток новых посетителей торговому дому, что и позволяет ему работать в данном формате.

Магазин «Мебель» на Олимпийском проспекте один из самых небольших по площади, но также предоставляющий своим клиентам низкие цены. Здесь в основном представлены столы и стулья. Магазин не продвигает конкретные торговые марки. Судя по мебельному и иному ассортименту, владелец магазина ставил задачу удовлетворения локальных, «сиюминутных» потребностей целевой аудитории. Располагается в жилом квартале, что обеспечивает высокую проходимость и достаточный для работы уровень платежеспособного спроса. С другой стороны, опосредованное соседство с торговым центром «Формат» не может положительно влиять на продажи данного магазина.

#### **Бутик производителя**

Не каждый производитель на российском мебельном рынке может быть полностью уверен в непоколебимой приверженности потребителя к его торговой марке, значит и не каждый рискнет открывать торговый подиум в большом торговом центре. В этой ситуации производители чаще всего открывают магазины мебели под собственной торговой маркой, в нашей статье они именуется бутиками производителя.

Бутики производителя – монобрендовые магазины. Сам смысл такого магазина – продвижение торговых марок или марки единственного производителя. Бутик один из наиболее удобных форматов для продвижения собственной торговой марки. Владелец магазина не ограничен по условиям оформления экспозиции, внимание посетителей не отвлекается другими торговыми марками. В таком магазине есть возможность использовать приемы нейромаркетинга. Бутики производителя есть, например, у «Шатуры», «Дятьково», «Кухни Belucci». Но и здесь отдаленность от конкурентов и близость к потребителю не гарантирует успеха на рынке.

Монобрендовый магазин «Дятьково» на улице Сукромка располагался в самом при-

влекательном по платежеспособному спросу районе города. На пересечении улицы Сукромки и Летной велось и ведется масштабное жилое строительство. Естественно в таких условиях рассчитывать на высокий объем продаж. Но, видимо, плохо представляя целевую аудиторию данного района, владельцы магазина выставили стандартный ассортимент и не получили ожидаемой прибыли. Магазин был закрыт около трех лет назад. Это еще раз демонстрирует, насколько важно знать целевую аудиторию того места, где предполагается открыть магазин и целевую аудиторию торговой марки. Если у этих двух целевых аудиторий нет ничего общего, то производителя постигнет провал на локальном рынке.

Один из самых привлекательных по местоположению бутиков производителя у торговой марки «Шатура». Он расположен в самом центре города – на пересечении улицы Мира и Новомытищинского проспекта. Однако и тут очевидны проблемы. Одна из главных, по нашему мнению, отсутствие информации о магазине – нет ни указателей, ни световых табло. Иная проблема ассортимента – магазин продает мебель и под маркой «Шатура мебель» и под другими торговыми марками, что не может положительно влиять на имидж главной торговой марки и на образ самого магазина.

Бутик производителя «Кухни Belucci» расположен напротив торгового центра «Формат» и сейчас находится в трудном положении в связи с обострившейся конкуренцией.

#### **Дом для дома**

Наиболее яркий пример такого формата – ИКЕА, однако в Мытищах торгового центра этого бренда нет. Но есть не менее удобный для потребителей гипермаркет Leroy Merlin.

Leroy Merlin входит в сеть французской компании Auchan наряду с одноименным гипермаркетом, гипермаркетами спортивной экипировки Decathlon и супермаркетами Atak. Определение «дом для дома» полностью описывает формат этого гипермаркета. Ассортимент мебели включает мебель для ванной комнаты, кухни, прихожей, гостиной. Однако в отличие от ИКЕА здесь не представлена мяг-

кая мебель и мебель для спальни. Вся мебель в Leroy Merlin разных производителей. Сеть развивает свою торговую марку и выпускает сборную мебель и принадлежность для дома под ней. Позиционирование марки определено строго – она рассчитана на клиентов, для которых цена имеет определяющее значение. Заметим, что подобные форматы работы самые капиталоемкие, однако при соблюдении четкой стратегии развития бренда такой формат может быть наиболее сильным.

Проведя анализ локального розничного рынка мебели в городе Мытищи, авторы пришли к выводу, что каждый формат преследует собственные цели. Торговый дом с родовым названием может быть хорош только для маргинальных потребителей и владельцев торгового дома. Марочная дилерская сеть в текущих условиях подразумевает лишь специализацию на мебельном ассортименте и сдачу площадей в аренду – без развития собс-

твенной торговой марки. Бутики производителя зачастую располагаются в привлекательных местах, но маркетинговой стратегии у них нет и неправильно выявлена целевая аудитория. Дом для дома – требует больших вложений и является одной из самых сложных структур на мебельном рынке. На стабильно растущем локальном рынке производителю и дилеру необходимо, прежде всего, иметь маркетинговую стратегию, четкое видение своей аудитории, ее ценностей и причин выбора мебели именно его торговой марки.

### Библиографический список

1. РБК. Исследования рынков [Электронный ресурс]. Розничные сети по продаже мебели и мебельные торговые центры в России, сор. 2008. – Режим доступа: <http://marketing.rbc.ru/research/562949953539386.shtml>
2. HeadHunter [Электронный ресурс]. Состояние рынка труда Москвы, сор. 2009. – Режим доступа: <http://hh.ru/file/5043340.pdf>

## КЛАССИФИКАЦИЯ БИЗНЕС-МОДЕЛЕЙ

Ф.И. СИМАНОВСКИЙ, *ассистент каф. менеджмента и информационных технологий МГУЛ*

*f.simanovskiy@gmail.com*

Сегодняшняя практика показывает, что очень часто компании задумываются о разработке бизнес-модели только тогда, когда им необходимы инвестиции. Необходимо понимать, что бизнес-модель должна проектироваться не на основе бизнес-плана и стратегии компании, а бизнес-план и стратегия должны создаваться на основе бизнес-модели. Осознание этого простого правила позволит компаниям экономить огромное количество ресурсов бизнеса, а для стартапов следование этой концепции позволит их бизнесу не погибнуть сразу же после выхода на рынок. Стартапов на ранних стадиях развития можно сравнить с гусеницами: для инвесторов они представляют такую же непонятную массу неопределенного цвета, и убедить их в том, что впоследствии эта гусеница превратится в прекрасную бабочку, которая проживет больше одного дня, очень сложно. В истории бизнеса огромное количество примеров, когда посредственная инновация с применением великолепной бизнес-модели заставляла до-

ставать кошельки инвесторов и потребителей компании, в то время как на великолепную инновацию без грамотной бизнес-модели никто не обращал внимания.

Бизнес-модель должна концептуализироваться как основа для формирования стратегии компании. Чтобы объяснить стратегию и ее специфические качества заинтересованным лицам, особенно участникам финансового рынка, описание должно обеспечить ясное и четко выраженное представление того, как компания создает ценность и как операционная и тактическая стратегии взаимодействуют между собой.

Различать разнообразные структуры бизнес-моделей можно согласно тому, касаются ли они описания только основных концепций бизнеса или являются более определенными и детальными в описаниях.

Признаки трех типологий определенных бизнес-моделей, наряду с их возможными преимуществами и недостатками, представлены в табл. 1.

**Анализ определений бизнес-моделей**

Тип определения	Признаки	Преимущества	Недостатки
Общее определение бизнес-модели	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Компоненты, из которых состоит бизнес</li> <li>▪ Общие признаки производства</li> <li>▪ Мета модель или онтология для бизнес-моделей</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Преимущества агрегирования, то есть понимание основ того, как компания создает ценность</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Картина становится слишком общей для того, чтобы передать важные нюансы конкретного бизнеса</li> </ul>
Развернутое определение бизнес-модели	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Метод ведения бизнеса</li> <li>▪ Фокусирование на всей системе предприятия</li> <li>▪ Архитектура для производства ценности</li> <li>▪ Описание ролей и отношений</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Создание ценности должно быть понято через всю цепочку создания ценности, в которой участвует компания</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Недостаточное фокусирование на основных процессах создания ценности</li> <li>▪ Включает факторы, не полностью управляемые компанией</li> </ul>
Узконаправленное определение бизнес-модели	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Описание уникальных внутренних аспектов</li> <li>▪ Инфраструктура для генерации ценности</li> <li>▪ Подробные отчеты о связях, процессах и причинно-следственных сетях</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Функционирование определенной фирмы расценивается за счет детальных бизнес-процессов</li> <li>▪ Точные и соответствующие описания</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Цифры могут запутать и помешать восприятию</li> <li>▪ Потеря полного понимания</li> </ul>

**Классификация бизнес-моделей**

Для систематического исследования бизнес-моделей необходимо выявить их разновидности и научиться различать их типы.

Любой бизнес можно классифицировать, ответив на два фундаментальных вопроса:

- 1) Какие активы вовлечены в бизнес?
- 2) Какие права на активы продаются?

Ответы на эти вопросы создают 2 измерения бизнеса, на стыке которых образуются 16 архетипов бизнес-моделей. Среди активов, вовлеченных в бизнес, можно выделить 4 основных типа: физические, финансовые, нематериальные и человеческие активы. Физическими активами являются товары долговременного использования (такие как здания, компьютеры и станки) и товары недолговременного использования (такие как пища, одежда и бумага). Финансовые активы включают наличные деньги и другие активы, такие как акции, облигации и страховые полисы, которые дают их владельцам права на потенциальные доходы в будущем.

Нематериальные активы включают юридически защищенную интеллектуальную собственность (патенты, авторские права и торговые марки), а также такие нематериальные активы, как знание, репутация и брэнд.

Человеческие активы включают время людей и усилия, требуемые для выполнения различной работы. Конечно, люди не «активы» в бухгалтерском смысле и не могут быть куплены и проданы, но их время и знание могут быть «сданы в аренду» за плату. Эти активы составляют первое измерение, используемое для классификации бизнес-моделей.

Второе измерение составляют права на продаваемые активы. Одним из фундаментальных аспектов бизнеса является то, какие законные права присуждаются покупателю после завершения сделки. Первым и самым очевидным правом, которое может продать бизнес, является право собственности на владение активом. Клиенты, которые покупают право собственности, могут использовать актив по своему усмотрению – они могут продать его, разрушить или избавиться от него. Вторым видом права, которое может продать бизнес, является право использования актива – таким активом может быть автомобиль или комната в гостинице. Клиенты покупают право использовать актив определенными способами в течение определенного промежутка времени, но владелец актива сохраняет право собственности и может ограничить способы использования актива. По истечении определенного времени права возвращаются владельцу.

**Права на активы**

<i>Влияние бизнеса на преобразование актива</i>		
<i>Какие права продаются</i>	Существенное	Ограниченное
Владение активом	Создатель	Дистрибьютор
Использование актива	Владелец	
Передача актива	Брокер	

Есть еще один менее очевидный, но важный вид прав, который можно продать. Это право передачи актива, которое должно быть согласовано с потенциальными покупателями или продавцами. Например, брокер недвижимого имущества часто сначала должен получить право купить, продать или арендовать собственность от имени принципала. Тогда право продается контрагенту, который без права не мог соответствовать требованиям принципала, иногда из-за нормы практики деловых отношений, но часто потому, что юридически принципал и контрагент должны воспользоваться услугами брокера.

Как показано в табл. 2, каждое из этих прав соответствует различным моделям, имеющим права на актив. Таблица также отражает одно различие – компании, которые продают право собственности на актив, различаются на те, которые значительно преобразовывают продаваемый ими актив, и те, которые практически не изменяют его. Это позволяет различать компании, которые делают то, что они продают (как производители) и те, которые продают товары, которые произвели другие фирмы.

Можно было бы проигнорировать это различие и классифицировать только одну модель (названную, например, «продавец») включающую все фирмы, продающие права собственности. Но если так сделать, то в эту категорию попали бы практически все компании, и важное концептуальное различие между двумя разными видами прав на активы (права создателя и дистрибьютора) было бы утеряно.

Наоборот, создание этого различия во всех других столбцах таблицы разделило бы интуитивно понятные категории способами, которые имеют небольшую очевидную ценность в бизнесе. Например, люди обычно не различают владельцев, которые создали акти-

вы, которые они сдают в аренду и тех, которые их не создавали.

С этими двумя различиями – типом продаваемых прав и уровнем преобразования актива – можно выявить четыре модели прав на активы, показанных в табл. 2. Ниже рассмотрим подробнее каждую из этих моделей.

1) Создатель покупает сырье или компоненты от поставщиков и затем преобразовывает или собирает их, чтобы создать продукт для последующей продажи. Это преобладающая бизнес-модель в производстве. Ключевое различие между создателями и дистрибьюторами то, что создатели проектируют продукты, которые они продают. Можно классифицировать фирму как создателя, даже если она отдает все физическое производство на аутсорсинг, но посредством проектирования создает более 50 % ценности продукта.

2) Дистрибьютор покупает продукт и перепродает этот же продукт кому-то еще.

Дистрибьютор обычно обеспечивает дополнительную ценность, например, транспортируя или повторно упаковывая продукт или обеспечивая обслуживание клиентов. Данная бизнес-модель очень распространена в оптовой и розничной торговле.

3) Владелец продает право использования актива в течение установленного периода времени без права собственности на актив. Модель владельца включает не только физических собственников, которые обеспечивают временное использование физических активов (здания, авиалинии), но также и кредиторов, которые обеспечивают временное использование финансовых активов (деньги, акции), подрядчиков и консультантов, которые оказывают услуги, связанные с временным использованием человеческих активов. Эта модель применяется компаниями, функционирующими в совершенно разных отраслях и продающих права на временное использование своих активов.

**Архетипы бизнес-моделей**

Типы активов Какие права продаются	Финансовые	Физические	Нематериальные	Человеческие
Создатель, владение активом с правом на его существенное преобразование	Предприниматель	Производитель	Изобретатель	Создатель человеческих активов
Дистрибьютор, владение активом с правом на его ограниченное преобразование	Финансовый трейдер	Оптовый или розничный продавец	Продавец интеллектуальной собственности	Дистрибьютор человеческих Активов
Владелец, использование актива	Владелец финансовых активов	Владелец физических активов	Владелец интеллектуальной собственности	Подрядчик
Брокер, посредник по передаче актива	Брокер по финансовым активам	Брокер по физическим активам	Брокер по интеллектуальной собственности	Брокер по человеческим активам

4) Брокер облегчает продажи путем нахождения покупателей для продавцов и продавцов для покупателей, а также путем выполнения определенных обязательств, необходимых потенциальным клиентам. В отличие от типичного дистрибьютора брокер не получает в собственность продаваемый продукт. Вместо этого брокер получает плату или комиссию от покупателя и/или продавца. Эта бизнес-модель распространена в маклерстве недвижимого имущества, биржевом и страховом маклерстве.

**Определения и примеры бизнес-моделей**

1) Предприниматель создает и продает финансовые активы. Часто объектом продажи становится созданная им компания. Например, венчурные предприниматели, фирмы-инкубаторы и инвесторы, активно инвестирующие в стартапы. В данную бизнес-модель не включены предприниматели, которые никогда не продают созданные ими фирмы.

Примеры: Kleiner, Perkins, Caufield & Byers

2) Производитель создает и продает физические активы. Производитель – самый распространенный тип модели создателя.

Примеры: General Motors, Bethlehem Steel.

3) Изобретатель создает и затем продает нематериальные активы, такие как патенты и авторские права. Фирмы используют эту бизнес-модель относительно редко, но

некоторые технологические фирмы получают часть своих доходов этим путем.

Примеры: Lucent's Bell Labs.

4) Создатель человеческих активов создает и продает людей, созданных естественно или искусственно, или полученных в результате захвата – сегодня это незаконно и нравственно неприемлемо в большинстве стран. Эта бизнес-модель включена здесь для логической законченности и как историческая сноска о бизнес-модели, которая была распространена в прошлом.

Примеры: работорговля, захват заложников с целью их дальнейшей продажи, суррогатное материнство.

5) Финансовый трейдер покупает и продает финансовые активы без их значительного преобразования. Банки, инвестиционные фирмы и другие финансовые учреждения, которые инвестируют в собственные счета, включены в эту бизнес-модель.

Пример: когда банк Merrill Lynch инвестирует в компании, которые собираются выпустить акции, он приобретает долю компании со скидкой 7 % и эффективно перепродает их на публичных торгах.

6) Оптовый или розничный продавец покупает и продает физические активы. Это самая распространенная модель типа дистрибьютор.

Примеры: WalMart, Amazon.

7) Продавец интеллектуальной собственности – торговец покупает и продает нематериальные активы. Эта бизнес-модель

включает фирмы, которые покупают и продают интеллектуальную собственность, такую как авторские права, патенты, доменные имена, и т.д.

Примеры: NTL Inc., reg.ru

8) Дистрибьютор человеческих активов покупает и продает человеческие активы. Как и создатель человеческих активов, эта бизнес-модель незаконна и редка в большинстве стран и включена только для логической законченности.

Примеры: государства выкупают своих граждан из плена террористов, сомалийские пираты продают захваченных моряков.

9) Владелец финансовых активов позволяет другим использовать свои наличные деньги или другие финансовые активы на определенных условиях. Есть два главных подтипа этой бизнес-модели:

9а) Кредиторы обеспечивают заемщика наличными деньгами, которые клиент может использовать в течение ограниченного срока за определенную плату.

Примеры: Bank of America, Fannie Mae.

9б) Страховщики предоставляют своим клиентам финансовые резервы, которые клиенты могут использовать, только если они несут убытки.

Примеры: Aetna, Chubb.

10) Владелец физических активов продает право использовать физический актив. Активом может быть локация или оборудование. В зависимости от вида актива платежи клиентов можно назвать «арендной платой», «арендным договором», «платой за вход» или другими подобными определениями. Прибыль данной бизнес-модели обычно образуют арендная плата за производственные помещения и склады, лизинги, плата за номер в отеле. Примеры: отели Marriott, подразделение Hertz компании Ford, занимающееся прокатом автомобилей.

11) Владелец интеллектуальной собственности покупает лицензию или иначе платит за ограниченное использование нематериальных активов. Есть три главных подтипа:

11а) Издатель предоставляет ограниченное использование информационных активов, таких как программное обеспечение, газеты или базы данных за цену продажи или

другой платы, часто называемый подпиской или платой за лицензию. Когда издатель продает копию информационного актива, клиент получает определенные ограниченные права на использование информации, но издатель обычно сохраняет право сделать дополнительные копии и перепродать информацию.

Пример: Microsoft.

11б) Брэнд-менеджер платит за использование торговой марки, ноу-хау или других элементов брэнда, включая плату за франшизу в гостиничном или ресторанном бизнесе. Пример: Wendy's.

11с) Аттрактор привлекает внимание людей, используя телевизионные программы или сетевой контент, и затем «продает» это внимание (нематериальный актив) рекламодателям. Аттрактор может оказать существенное влияние на создание или распределение активов, которые привлекают внимание, но источник его дохода – это рекламодатели, которые платят, чтобы доставить свой меседж до аудитории. Эта бизнес-модель распространена на радио и телевидении, некоторых формах публикаций и основанных на Интернет-компаниях.

Пример: New York Times, Google.

12) Подрядчик продает услуги, оказываемые прежде всего людьми. Этими услугами могут быть консультации, строительство, образование, транспортировка, развлечение, здравоохранение и т.д. Доход формирует плата за обслуживание, часто (но не всегда) основанная на количестве времени, которого требуют процедуры. В большинстве случаев подрядчики также требуют физических активов (таких как инструменты и рабочее место), а владельцы физических активов часто обеспечивают сферу услуг (уборка гостиничных номеров), связанную с их физическими активами. В случаях, где для оказания услуги используется существенное (больше 50 % ценности) количество и человеческих, и физических активов, бизнес-модель фирмы классифицируется как подрядчик или владелец физических активов на основании актива, являющегося наиболее существенным для предоставляемой услуги.

Например, пассажирскую авиалинию считают владельцем физических активов не-

**Распространенные архетипы  
бизнес-моделей**

Архетип бизнес-модели	% от общего дохода
Производитель	48,9 %
Оптовый или розничный продавец	15,2 %
Владелец финансовых активов	12,8 %
Контактор	9,9 %
Владелец физических активов	9,1 %
Владелец интеллектуальной собственности	2,9 %
Брокер по финансовым активам	0,7 %

смотря на то, что она обеспечивает существенную сферу услуг наряду со своими самолетами, потому что сущность оказанной услуги заключается в транспортировке пассажиров из одного места в другое с помощью самолета. Наоборот, служба доставки посылок (Federal Express) классифицируется как подрядчик, потому что сущность оказанной услуги – прием и доставка посылок (обычно людьми) независимо от физического способа транспортировки (велосипед, грузовик, самолет и т.д.).

Примеры: Accenture, Federal Express.

13) Брокер по финансовым активам находит для покупателя финансовых активов соответствующего продавца, и наоборот. Эта бизнес-модель распространена в маклерстве недвижимого имущества, биржевом и страховом маклерстве и функционирует во многих крупных финансовых фирмах.

Примеры: e-Trade, Schwab.

14) Брокер по физическим ресурсам находит для покупателя физических активов соответствующего продавца и наоборот.

Примеры: eBay, Century

15) Брокер по интеллектуальной собственности выступает посредником между покупателем нематериальных активов и продавцом, и наоборот.

Пример: Valassis.

16) Брокер по человеческим ресурсам выступает посредником между покупателем человеческих услуг и продавцом и наоборот.

Примеры: Robert Half, EDS.

Среди американских компаний распространение получили лишь 7 из 16 архетипов бизнес-моделей, ознакомиться с которыми можно в табл. 4.

Конечно, архетипов бизнес-моделей гораздо больше 16, но данная классификация соответствует общему определению бизнес-моделей, которое было рассмотрено в табл. 1. Для выбранных в качестве критерия отбора измерений (какие активы вовлечены в бизнес и какие права на активы продаются), данных 16 типов бизнес-моделей вполне достаточно, чтобы понять идеологию и методику селекции. Бизнес-модель является сложным инструментом, применение которого приобретает специфику не только в зависимости от отрасли, но и от специфики работы каждой конкретной компании.

**Библиографический список**

1. Christian Nielsen, Nikolaj Bukh Per. «What constitutes a Business Model: The perception of financial analysts», Working Paper Series Department of Business Studies No. 4, 2008.
2. Malone Thomas W., Peter Weill, Lai Richard K., D'Urso Victoria T., Herman George, Apel Thomas G., Woerner Stephanie L., «Do Some Business Models Perform Better than Others?», MIT Sloan Working Paper 4615-06 May 2006.

**ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ  
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ  
В ПЕРИОД СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ**

М.Г. ГРИГОРЯН, *доц. каф. экономики и менеджмента на транспорте Санкт-Петербургского государственного инженерно-экономического университета, канд. экон. наук*

*kaf14@engec.ru*

**В** наших исследованиях мы исходим из того, что развитие методологии управления во многом зависит от характера, а также

от направленности процессов, протекающих в социально-экономических системах. На этапе глобальных структурных изменений,

происходящих в социально-экономических системах (в нашем случае – транспортных предприятиях), эти изменения определяют вектор развития методологии управления.

Результаты проведенных автором исследований позволили выявить, насколько характер и причины подобных изменений определяются внешними и внутрипроизводственными факторами. К наиболее заметным внешним изменениям можно отнести смену формы собственности и массовое разукрупнение транспортных предприятий в 90-х гг. XX в., произошедшее в связи с изменением общей экономической ситуации в стране. Подобные изменения в организации являются привнесенными.

Внутренние изменения зачастую происходят, когда менеджмент предприятия приходит к мысли о необходимости каких-либо нововведений (приобретение такого подвижного состава, который позволил бы освоить новые направления перевозок, необходимость актуализации какой-либо функции управления при возникновении определенной ситуации на рынке транспортных услуг и др.). Такие изменения в организации являются инициированными.

В целом мысль о том, что изменения, проводимые в транспортном предприятии, носят неизбежный и необходимый характер, представляется логичной. Способность организации к изменениям заложена в сущности процессов ее развития и функционирования.

Прежде чем переходить к вопросу о том, как должно осуществляться менеджментом управление организационными изменениями, необходимо уточнить следующие понятия: «изменение», «развитие», «функционирование». В нашем понимании «изменение» имеет однозначный смысл целенаправленной трансформации пространственного и временного состояния социально-экономической системы, ее состава, структуры, внутренних взаимосвязей между ее элементами, а также внешних взаимосвязей с окружающей средой.

«Развитие», в свою очередь, один из конкретных типов изменений, это управляемое прогрессивное изменение системы, причем пределы развития заложены в самой со-

циально-экономической системе. «Развитие» имеет более узкий смысл, подчиненный понятию «изменение». Среди изменений имеют место такие, которые происходят не непрерывно, выходят за пределы обычных рамок, меняя привычный ход «кругооборота» организации, порождая новые в качественном отношении явления. Именно такого рода изменения отражают суть процессов развития. Характеризуя процессы развития на транспортных предприятиях, необходимо заметить, что, несмотря на различную форму проявления, их конечная направленность всегда подчинена требованиям экономической рациональности организационной деятельности. Короче говоря, изменения являются предпосылками организационного развития. Тогда посредством регулирования изменений менеджеры могут управлять развитием транспортного предприятия.

Под «функционированием» в общем смысле понимается циклическое воспроизведение системой постоянного набора своих функций. Тогда процессы функционирования предполагают репродуктивное изменение постоянной системы функционирования объекта (в наших рассуждениях – транспортного предприятия).

Из сказанного выше очевидно, что процессы функционирования и развития социально-экономической системы неразрывно связаны между собой, а переход от функционирования к развитию (или наоборот от развития к функционированию) организации неизбежно связан с многочисленными изменениями, чаще всего носящими радикальный характер. Важно понимать, что подобный переход не бесконечен, а имеет определенные временные границы, в рамках которых работники предприятия узнают и принимают (или не принимают) условия новой ситуации.

Итак, поскольку управление развитием и функционированием организации включает последовательный набор изменений, представляется методологически важным выполнить классификацию изменений в социально-экономических системах. Для большей наглядности эта классификация дана в фасеточной форме (таблица).



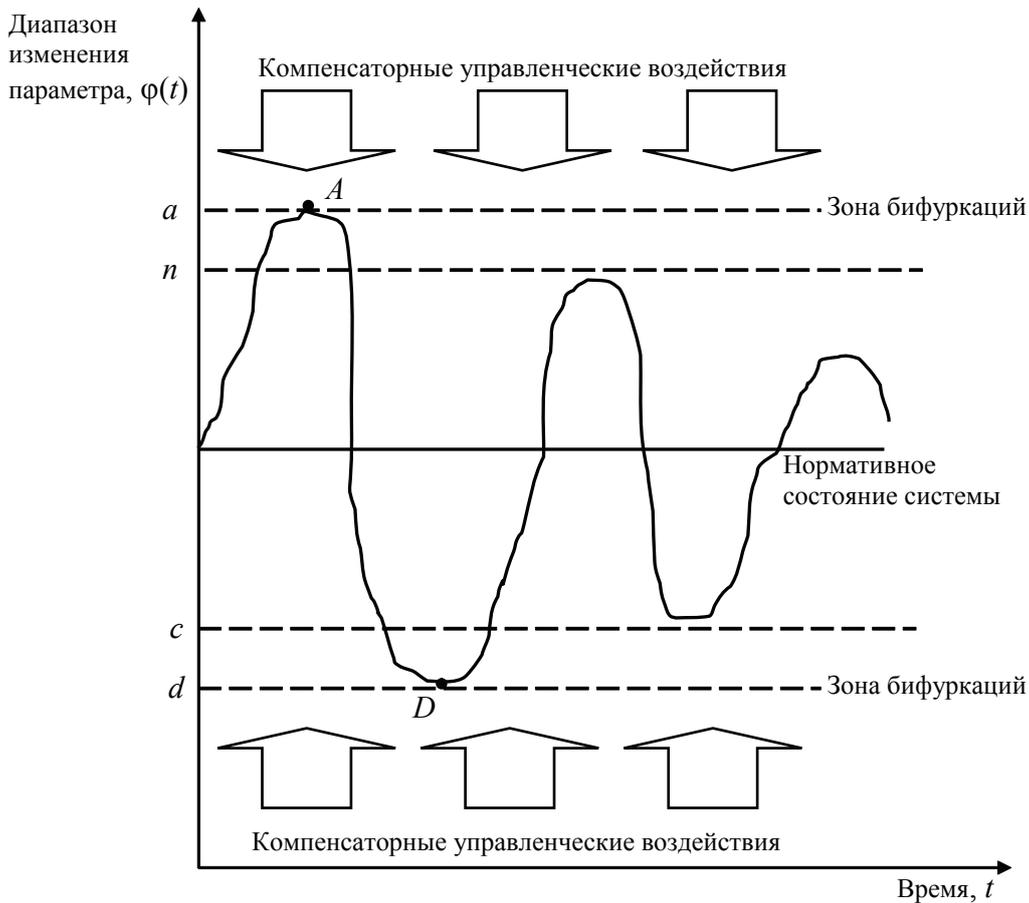


Рисунок. Роль менеджмента в достижении сбалансированности социально-экономической системы

Р. Senge утверждает, что по природе уравнивающие процессы не хороши и не дурны [6]. Оценку этим процессам дает субъект, принимающий решение. Ясно, что уравнивающие процессы, ведущие к стабилизации финансовой устойчивости организации, увеличению уровня технического и технологического превосходства на рынке или удержанию постоянных клиентов, не вызывают у менеджеров транспортных предприятий протестов. Проблематичны лишь те уравнивающие процессы, которые «консервируют» систему управления: неадекватные методы управления сложившейся ситуацией, напряженность межличностных отношений в коллективе, фрагментарность (клиповость) мышления менеджеров-аналитиков и др. Подобное предполагает формирование и использование менеджментом организации особых методов управления. Их реализацией являются направленные компенсаторные воздействия. Структурирование и дальнейшее описание таких компенсаторных управленческих воздействий требует отдельного пристального рассмотрения и выходит за рамки настоящей статьи.

Достаточно мощным толчком для совершенствования научных представлений о природе социально-экономических систем стало появление концепции самоорганизации [4, 5, 7 и др.]. Она акцентирует внимание на процессах роста, развития и разрушения систем, а также отводит большую роль внешним и внутренним флуктуациям, динамика которых может быть различной. Понимая подобную динамику, можно управлять поведением системы.

В соответствии с этой концепцией, что не противоречит вышеизложенным тезисам, сбалансированность социально-экономической системы зависит от поддержания границ флуктуации уровня входных и выходных потоков в соответствии с рядом изначально заданных условий. Это возможно проиллюстрировать следующим образом (рисунок).

В соответствии с этой концепцией, что не противоречит вышеизложенным тезисам, сбалансированность социально-экономической системы зависит от поддержания границ флуктуации уровня входных и выходных потоков в соответствии с рядом изначально заданных условий. Это возможно проиллюстрировать следующим образом (рисунок).

Рисунок демонстрирует процесс изменений во времени параметра  $\varphi$ . Пока значения параметра  $\varphi \in (a; d)$ , система сохраняет свою целостность. Выход значения параметра  $\varphi$  за пределы области  $(n; c)$  ведет к переходу системы в новое качественное состояние, но не к разрушению целостности системы. Иными словами, если  $\varphi \in (a; n] \cup [c; d)$ , то система развивается. Если значение параметра  $\varphi$  выходит за пределы области  $(a; d)$ , то система утрачивает целостность и перестает существовать. Приближение параметра  $\varphi$  к предельно допустимым значениям может породить ситуацию радикальных изменений, когда дальнейшее существование системы оказывается под угрозой. Здесь она вступает в зону бифуркаций (например, точки  $A$  и  $D$  на рисунке), и поэтому будущее системы становится слабо предсказуемым.

Флуктуации, воздействующие на систему, в зависимости от силы могут иметь совершенно разные для нее последствия.

1. Если внешние и (или) внутренние флуктуации критические, то социально-экономическая система может разрушиться или находится в опасной близости от разрушения. На практике разрушение системы обычно характеризуется состоянием банкротства транспортного предприятия с дальнейшей его ликвидацией. Опасная близость от разрушения характеризуется процедурой санации предприятия. В целом при таком развитии событий менеджмент организации пользуется методами антикризисного управления.

2. Под влиянием малых внешних и (или) внутренних флуктуаций и доминировании в управлении методов традиционного менеджмента в социально-экономической системе возникает устойчивая тенденция возврата в предыдущее состояние. Это, как справедливо отмечает В.И. Арнольд, раскрывает основную причину неудач многих нововведений в организациях [1].

3. Под влиянием малых внешних и (или) внутренних флуктуаций и при активизи-

зации менеджерами набора направленных компенсаторных управленческих воздействий социально-экономическая система формирует новую диссипативную структуру, постепенно приспосабливаясь к новому уровню равновесия.

Таким образом, были выявлены и систематизированы организационно-экономические предпосылки совершенствования методологии управления в период структурных изменений, а также установлены те факторы, которые следует учитывать при развитии этой методологии:

- динамика внешних и внутренних флуктуаций, воздействующих на социально-экономическую систему;
- характер, причины, направленность и совокупность изменений, проводимых в организации;
- закономерности протекания уравновешивающих процессов;
- степень сбалансированности социально-экономической системы.

#### Библиографический список

1. Арнольд, А.В. Теория катастроф / А.В. Арнольд // Наука и жизнь. – 1989. – №10.
2. Горский, Ю.М. Основы гомеостатики / Ю.М. Горский. – Иркутск: Изд-во ИГЭА, 1998.
3. Григорян, М.Г. Особенности использования сбалансированной системы показателей для логистического провайдера / М.Г. Григорян // Логистика управление цепями поставок. – 2009. – № 1(30).
4. Ерохина, Е.А. Теория экономического развития: системно-синергитический подход / Е.А. Ерохина. – М.: Наука, 1999.
5. Пригожин, И. Порядок из хаоса / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М.: Прогресс, 1986.
6. Сенге, П.М. Танец перемен: новые проблемы самообучающихся организаций: пер. с англ. / П.М. Сенге, А. Клейнер, Ш. Робертс и др. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2003.
7. Хакен, Г. Синергетика / Г. Хакен. – М.: Мир, 1980.
8. Холл, А.Д. Опыт методологии для системотехники: пер. с англ. / А.Д. Холл. – М.: Советское радио, 1975.
9. Parsons T. A Functional theory of change // Social Change: Source, Pattern and Consequence. Etzione ed. NY, 1964.

**Зайцева М.И., Робонен Е.В., Чернобровкина Н.П. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРУБОЧНЫХ ОСТАТКОВ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ТОРФЯНЫХ СУБСТРАТОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ.**

Использованы порубочные остатки древесной зелени березы повислой, ольхи серой, ивы козьей и надземной части рогоза широколистного для приготовления торфяных субстратов с целью выращивания сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой. Определены оптимальные дозы внесения компоста в субстрат из верхового сфагнового торфа. Количество компоста может достигать третьей части от общего объема субстрата. Разработанные субстраты пригодны для выращивания посадочного материала хвойных пород.

Ключевые слова: порубочные остатки, древесные отходы, торфяной субстрат, сеянцы, сосна обыкновенная, закрытая корневая система.

**Zaitseva M.I., Robonen E.V., Chernobrovkina N.P. UTILIZATION OF LOGGING RESIDUES IN PREPARATION OF PEAT SUBSTRATES FOR CLOSED ROOT GROWING OF SCOTS PINE SEEDLINGS.**

Logging residues made up of green parts of silver birch, speckled alder, goat willow, and above-ground parts of broadleaf cattail were used to prepare peat substrates for closed root growing of Scot pine seedlings. Optimal doses of compost to be added to the raised bog sphagnum peat substratum were determined. The amount of compost added may be up to a third of the total volume of the substrate. The substrates are suitable for growing coniferous stocking material.

Key words: logging residues, wood wastes; peat substrate, seedlings, scots pine, closed root system.

**Шуляковская Т.А., Репин А.В., Шредерс С.М. ВЛИЯНИЕ ПОДКОРМОК АЗОТОМ НА РАЗВИТИЕ САЖЕНЦЕВ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ И КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ.**

Исследовали влияние подкормок разными дозами азота на показатели азотного обмена и наращивание сухой массы 2–3-летними саженцами березы повислой и карельской березы. Удобрение вызывало заметное повышение уровня белков в коре и древесине саженцев карельской березы в период активной деятельности камбия, существенное увеличение количества свободных аминокислот в листьях и коре, возрастание доли цитруллина в коре и древесине обеих берез. Средняя доза подкормки приводила к наращиванию сухой массы саженцев карельской березы на 42 % у всего растения и 57 % у осевых органов по сравнению с контролем.

Ключевые слова: саженцы березы повислой, карельской березы, азот, аминокислоты, цитруллин, сухая масса органов растения.

**Shulyakovskaya T.A., Repin A.V., Shreders S.M. EFFECT OF NITROGEN FERTILIZATION ON THE DEVELOPMENT OF SILVER BIRCH AND CURLY BIRCH SAPLINGS.**

The effect of varying-dose nitrogen fertilization on nitrogen metabolism parameters and dry weight increment was studied in 2–3-year-old saplings of silver birch and curly birch. The fertilizer caused a marked rise in protein content in the bark and wood of curly birch saplings during high cambial activity period, a considerable increase in the amount of free amino acids in leaves and bark, a rise in the proportion of citrulline in the bark and wood of both birch varieties. Medium dose of the fertilizer applied to curly birch saplings induced a 42 % dry weight increment in the whole plant and a 57 % increment in axial organs as compared to the control.

Key words: silver birch, curly birch saplings, nitrogen, amino acids, citrulline, dry weight of plant organs.

**Теплых А.А. РАЗМЕРНАЯ СТРУКТУРА СЛОЕВИЩ ЛИШАЙНИКА *PSEUDEVERNIA FURFURACEA* (L.) ZOPF В СОСНЯКЕ ЗЕЛЕНОМОШНОМ.**

Проводилось изучение размерной структуры слоевищ *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf на сосне обыкновенной и березе повислой в сосняке зеленомошном. Размеры слоевищ *P. furfuracea* не различаются на разных субстратах и на разных экспозициях, но изменяются на разных высотах ствола. Наибольшее число слоевищ имеет размеры до 1 см<sup>2</sup>, с увеличением размеров слоевищ уменьшается частота их встречаемости. Размеры слоевищ систематически возрастают от  $v_1$  онтогенетического состояния к  $g_2$ .

Ключевые слова: *Pseudevernia furfuracea*, размер слоевища, возрастное состояние, высота ствола.

**Теплых А.А. DIMENSIONAL STRUCTURE OF *PSEUDEVERNIA FURFURACEA* (L.) ZOPF LICHEN THALLI IN THE PINE STAND WITH GREEN MOSSES.**

*Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf population growing on pine and birch trunks in a pine stand with green mosses was examined, with special concern to the dimensional structure to its thalli. The thalli dimensions of *P. furfuracea* on different substrata and expositions revealed no difference but were found to differ on different height levels. The thalli less than 1 cm<sup>2</sup> in size appeared the most abundant; however, bigger thalli turned rarer. The thalli size appeared to grow regularly from  $v_1$  ontogeny state up to  $g_2$ .

Key words: *Pseudevernia furfuracea*, thalli size, age state, height level.

**Сухоруков А.С. УСПЕШНОСТЬ РОСТА И СОСТОЯНИЯ СОСНЫ В СМЕШАННЫХ КУЛЬТУРАХ.**

Рассмотрены с лесоводственных позиций результаты роста и состояния деревьев сосны обыкновенной при их выращивании с различными древесными и кустарниковыми породами. Выявлены компоненты-активаторы роста и устойчивости сосны в смешанных культурах.

Ключевые слова: смешанные лесные культуры, тип лесных культур, компоненты лесных культур, сосна обыкновенная.

**Sukhorukov A.C. SUCCESS OF GROWTH AND THE PINE CONDITION IN THE MIXED CULTURES.**

From positions of cultivation of wood results of growth and a condition of trees of a pine ordinary are considered at their cultivation with various tree species and bushes. Components-activators of growth and stability of a pine in the mixed cultures are revealed.

Key words: the mixed wood cultures, type of wood cultures, components of wood cultures, a pine ordinary.

**Лукьянец А.Г. О МЕТОДИЧЕСКОМ ПОДХОДЕ К ОЦЕНКЕ ТИПОВ ПАРКОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ.**

Основной задачей исследования является выявление критериев типов парковых насаждений и их качественной оценки, в основу которой положена количественная оценка структурных составляющих ТПН. На основе изучения классификационных свойств ТПН по литературным источникам и на основе натуральных наблюдений, проведенных нами на территории парков районного значения, а также в результате рассмотрения вопроса оценки насаждений разработана шкала качественной оценки ТПН.

Ключевые слова: тип парковых насаждений, оценка зеленых насаждений, зеленые насаждения, качественная оценка типов парковых насаждений.

**Lukjanets A.G. ABOUT THE METHODOICAL APPROACH TO THE ESTIMATION OF TYPES OF PARK PLANTINGS.**

On an example of regional city park penetration of motor transportation noise in its territory is analyzed. The technique considering influence of park plantings type structure, their configuration

and location is developed. It is as a result revealed that at a modern town-planning situation the noise level does not decrease to the sanitary code. Types of park plantings do not render essential influence on decrease in motor transportation noise in these parks, the given size and the form.

Key words: type of park plantings, an estimation of green plantings, green plantings, quality standard of types of park plantings.

#### **Максименко М.Ф. К ВОПРОСУ РЕСТАВРАЦИИ ИСТОРИЧЕСКИХ ЦВЕТНИКОВ XVIII В. В РУССКИХ САДАХ И ПАРКАХ.**

В статье излагается последовательное освоение ассортимента декоративных растений в садово-парковом искусстве России и представлен их видовой состав на конец XVII века.

Ключевые слова: реставрация, декоративные растения, ассортимент.

#### **Maksimenko M.F. TO THE QUESTION OF REGISTRATION HISTORICAL PARTERRES XVIII CENTURY.**

In this article you can find assimilating assortment of ornamental plants in consecutive order in landscape gardening in Russia and there is also given differences of forms at the end of the XVIII century.

Key words: restoration, ornamental plants, assortment.

#### **Кругляк В.В. САМЫЕ ЗНАМЕНИТЫЕ ОБЪЕКТЫ ЛАНДШАФТНОГО, ДЕНДРОЛОГИЧЕСКОГО И САДОВО-ПАРКОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ОБЛАСТЕЙ РОССИИ.**

В статье приводится характеристика знаменитых объектов ландшафтного, дендрологического и садово-паркового строительства Центрально-Черноземных областей России. Хреновской конный завод №10 Воронежской области, музей-усадьба С.В. Рахманинова Тамбовской области, Государственный мемориальный и природный музей-заповедник И.С. Тургенева «Спасское-Лутовиново» Орловской области, ФГУП-дендропарк «Лесостепная опытно-селекционная станция» Липецкой области являются достоянием России и мирового культурного наследия.

Ключевые слова: садово-парковое строительство, дендрологическое строительство.

#### **Kruglyak V.V. THE MOST POPULAR OBJECTS OF LANDSCAPE, DEONTOLOGICAL AND PARK AND GARDENS BUILDING OF CENTRAL-CHERNOZEM REGIONS OF RUSSIA.**

The characteristic of the most popular objects of landscape, deontological and park and gardens building of Central-Chernozem regions of Russia is given in the article. The Stud-farm Hrenovskoy № 10 of Voronezh region, the memorial estate of Rahmaninova S.V. of Tambov region, the State memorial and nature museum– reserve of Turgenev I.S. «Spasskoe-Lutovinovo» of Orlov region, the FSHF Dendro-park « Forest-steppe experimental and breeding nursery station « of Lipetsk region are the common property of Russia and of world and cultural heritage.

Key words: landscape building, deontological building.

#### **Лукьянец А.Г., Теодоронский В.С. ВЛИЯНИЕ ТИПОВ ПАРКОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ШУМОВОЙ РЕЖИМ ПАРКА 50-ЛЕТИЯ ОКТЯБРЯ В Г. МОСКВЕ.**

На примере парка 50-летия Октября апробирована разработанная методика оценки шумового режима парковой территории, проведен анализ влияния ТПН и их структуры на уровень шума, построены профили, наглядно отображающие зависимость уровня шума от расстояния и структуры, расположения ТПН.

Ключевые слова: шум, тип парковых насаждений, зеленые насаждения.

**Lukjanets A.G., Teodoronsky V.S. INFLUENCE OF TYPES OF PARK PLANTINGS ON THE NOISE MODE OF PARK OF THE 50 ANNIVERSARY OF OCTOBER IN MOSCOW.**

The primary goal of research is revealing of park plantings criteria types of and their quality standard. The quality standard is based on studying of the park plantings type's classification properties, on regional parks natural supervision and also as a result of plantings estimation question. As a result a quality standard is based on the quantitative estimation of park plantings structural making types is put.

Key words: noise, type of park plantings, green plantings.

**Алексеев А.С., Мельничук И.А., Трубачева Т.А., Пименов К.А., Крюковский А.С. ПРОБЛЕМЫ ОЗЕЛЕНЕНИЯ г. НИКЕЛЬ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ.**

Исследование было проведено в промышленном городе Никель, где располагается горно-металлургический комбинат. Проведенное комплексное исследование включило анализ содержания загрязняющих веществ в почве и растениях, описание городской флоры, а также градостроительный анализ. На основании результатов проведенных исследований предложены рекомендации по улучшению зеленой инфраструктуры территории, которая учитывала бы предложенные в данном исследовании границы зон загрязнения и зон состояния насаждений.

Ключевые слова: промышленный город, градостроительство, поллютанты, городские почвы, городские насаждения.

**Alekseev A.S., Melnichuk I.A., Trubacheva T.A., Pimenov K.A., Kryukovskiy A.S. PROBLEMS OF LANDSCAPE GARDENING OF A CITY NICKEL OF MURMANSK AREA.**

The researches has been conducted in the industrial town Nickel where the integrated iron-and-steel works is located. The conducted comprehensive research include analysis of pollutant content of vegetation and soil, description of existing urban flora and town planning analysis as well. On the base of the research results, there are suggested the recommendations for improving of existing green framework associated with defined pollution and vegetation condition areas.

Key words: industrial town, pollutants, town planning, urban soil, urban flora.

**Закамский В.А., Конюхова Т.А., Сахбиева Л.А. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ЛЕСОВОДСТВЕННО-РЕКРЕАЦИОННОЙ ОЦЕНКИ ЛЕСНОЙ ТЕРРИТОРИИ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКИМ МАРШРУТАМ МАРИЙСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ.**

Кратко описаны основные этапы лесоводственно-экологической оценки лесных территорий. По результатам исследования составлен алгоритм, который апробирован на территории республики Марий Эл, что важно для формирования системы рационального природопользования. На этой основе выделены ключевые направления практической деятельности по развитию лесной рекреации в Марийском Заволжье.

Ключевые слова: лесоводственно-экологическая оценка, лесные территории, алгоритм.

**Zakamskiy V.A., Konukhova T.A., Sakhbieva L.A. BASIC STATES OF SILVICULTURAL – RECREATIVE ESTIMATION OF FOREST TERRITORY ALONG ECOLOGICAL TRAILS OF MARI ZAVOLGIE.**

The article gives a brief description of basic stages of silvicultural-ecological estimation of forest territory. In accordance with the research results the algorithm was worked out, which was approbated on the territory on Mari El. This is of great importance for system formation of sustainable nature management. The key concepts of practical activity on forest recreation development in Mari Zavolgje are considered.

Key words: silvicultural-ecological estimation, forest territory, algorithm.

**Янников И.М., Козловская Н.В., Пупкова М.С. К ВОПРОСУ О РЕМЕДИАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ МЫШЬЯКОСОДЕРЖАЩИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ.**

Предлагаются новые подходы к организации биомониторинга объектов детериорантных отраслей, а также восстановления территорий, загрязненных мышьякосодержащими соединениями путем фиторемедиации, в том числе с использованием гелий-неонового лазера.

Ключевые слова: экологический идентификационный полигон, трансформация почвенно-растительного покрова, загрязнение мышьякосодержащими соединениями, фиторемедиация территорий, облучение лазером.

**Yannikov I.M., Kozlovskaya N.V., Pupkova M.S. TO THE QUESTION ON REMEDIATION OF TERRITORIES POLLUTED ARSENIC-CONTAINING CONNECTIONS.**

New approaches to the organisation of biomonitoring of objects of deteriorate branches, and also restoration of territories polluted arsenic-containing connections by a way bioremediation, including with use laser helium-neon are offered.

Key words: ecological identification range, a transformation of a soil-vegetative cover, pollution arsenic-containing connections, bioremediation of territories, an irradiation the laser.

**Корпачев В.П., Пережилин А.И., Корпачев К.И. ПРОГНОЗ ЗАСОРЕНИЯ ДРЕВЕСНОЙ МАССОЙ ПРОЕКТИРУЕМОГО ВОДОХРАНИЛИЩА МОТЫГИНСКОЙ ГЭС НА РЕКЕ АНГАРА.**

В работе рассматриваются причины поступления древесины в процессе строительства и эксплуатации водохранилищ ГЭС. Дан прогноз засорения древесиной водохранилища Мотыгинской ГЭС.

Ключевые слова: водохранилище, последствия строительства, древесина, засорение, источники засорения, объемы засорения, мероприятия.

**Korpachyov V.P., Perezhilin A.I., Korpachyov K.I. THE FORECAST OF A CONTAMINATION A WOOD OF A PROJECTED WATER BASIN OF MOTYGINSKY HYDROELECTRIC POWER STATION ON THE RIVER ANGARA.**

In article are considered the reasons of return of wood in the process of constructing and exploitation of water basins of HYDROELECTRIC POWER STATION. Is given the forecast of a contamination by wood of a water basin of Motygin sky HYDROELECTRIC POWER STATION.

Key words: water basin, effects of construction, wood, pollution, sources of pollution, contamination volume, action.

**Черкашина М.В. ДЕГРАДАЦИЯ И ДЕМУТАЦИЯ РАСТЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ БИОМОРФ НА УЧАСТКАХ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ.**

В подзонах северной и средней тайги Западной Сибири проанализированы закономерности деградации и восстановления основных компонентов лесных и болотных фитоценозов после нефтяного загрязнения с учетом биоморф растений.

Ключевые слова: нефтезагрязнение, биоморфы, деградация и восстановление растительности.

**Cherkashina M.V. DEGRADATION AND DEMUTATION OF PLANTS OF DIFFERENT BIOMORPHS ON AREAS WITH OIL-POLLUTION.**

In the article are analysed the regularities of degradation and reconstruction of main components of timber and marsh phytocenosis of North and Average taiga after oil-pollution and with provision for plants biomorphs.

Key words: oil-pollution, biomorphs, degradation and reconstruction plants.

**Заикин А.Н. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН И АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЕМОВ ОПЕРАТИВНЫХ ЗАПАСОВ.**

Сформулированы особенности лесосечных работ. Приведены графическая и аналитические модели расчета режимов работы комплектов лесосечных машин, обеспечивающих увеличение объемов их выработки до объема выработки, равного объему выработки ведущей машины, и показан характер изменения объемов оперативных запасов между операциями.

Ключевые слова: запасы древесины, режимы работы, комплекты машин.

**Zaikin A.N. DESIGNING OF OPERATION MODES OF LOGGING MACHINES.**

Wood-felling particularities are formulated in this article. The author offers graphic and analytic, determined modes of operation of logging machines complete sets providing increase of production volume to the maximum or nearby level taking into account involving supplementary equipment at underachieving operations. In its turn it gives an opportunity to reduce the duration of wood-felling working out.

Key words: wood-felling, modes of operation, machines complete sets.

**Ширнин Ю.А., Роженцова Н.И. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТ.**

Описывается использование данных ГИС для проектирования технологических карт разработки лесосеки. В ГИС содержатся сведения о координатах границ лесосек. Это дает возможность описать границу лесосеки в виде математической функции. На основании этой функции рассчитываются технологические параметры лесосек.

Ключевые слова: технологическая карта разработки лесосеки, технологические параметры лесосек, геоинформационные системы, программный продукт.

**Shirnin U.A., Rojencova N.I. USING OF GIS IN DESIGNING OF CUTTING AREA WORKS.**

The using of GIS data in designing of charts for felling area development is described hereinafter. The GIS include position data of compartment boundaries. This provides the way to give an account of compartment boundaries as a function. The technological parameters of the felling areas are to be count on the basis of this function.

Key words: charts for felling area development, technological parameters of the felling areas, geoinformational systems, software product.

**Макуев В.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН В ОБСЛУЖИВАНИИ.**

В статье приводится структура затрат сервисных предприятий на техническое обслуживание и ремонт лесосечных машин при минимализма простоев. Установлена связь между готовностью и простоями парка лесосечных машин и объемом используемых запасных частей.

Ключевые слова: техническое обслуживание и ремонт, лесосечные машины

**Makuev V.A. DETERMINATION OF NEED IN SERVICE OF FOREST – CUTTING MACHINES.**

The article presents the structure of costs of technical service enterprises for maintenance and repairment of forest – cutting machines with minimum stops. There was also determined the connection between readiness to work and stops of park of forest – cutting machines and volume of spare parts.

Key words: costs of technical service; forest-cutting machines.

**Макуев В.А. КРИТЕРИИ ФОРМИРОВАНИЯ ПАРКА ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИИ.**

В статье дается анализ методов выбора машин для проведения лесосечных работ, а также критерии их применения в соответствии с массо-мощностными параметрами.

Ключевые слова: парк лесосечных машин, лесосечные работы.

**Макуев V.A. CRITERIA OF FORMING PARK OF FOREST – CUTTING MACHINES.**

The article presents the analyses of methods for choosing machines for forest – cutting works, and also its implementation according to mass and power parameters.

Key words: park of forest – cutting machines, forest – cutting works.

**Бондарев Б.А., Поветкин С.В., Бабкин И.В. ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ЛЕСОВОЗНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.**

В статье изложены интересные с научной и практической точек зрения исследования образования микро- и макротрещин в конструкциях из композиционных материалов. Установлены причины и закономерности трещинообразования, что может позволить разрабатывать композиционные материалы, более стойкие к внешним нагрузкам.

Ключевые слова: железные дороги, композиционные материалы, трещиностойкость.

**Bondarev B.A., Povetkin S.V., Babkin I.V. FIRMNESS TO CRACKS OF ELEMENTS OF DESIGNS OF WOOD RAILWAYS FROM COMPOSITE MATERIALS.**

In article are stated interesting from the scientific and practical points of view of research of formation of microcracks and macrocracks in designs from composite materials. The reasons and laws of formation of cracks that presumes to develop the composite materials more proof to external loadings are established.

Key words: railways, composite materials, firmness to cracks.

**Питухин А.В., Скобцов И.Г., Хвоин Д.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДЕФЕКТОВ НА ПРОЧНОСТЬ ЗАЩИТНОГО КАРКАСА КАБИНЫ КОЛЕСНОГО ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА.**

В статье приведены основные уравнения механики разрушения, рассмотрено их применение для оценки влияния трещиноподобных дефектов на живучесть защитного каркаса кабины колесного лесопромышленного трактора. Напряжения в каркасе рассчитывались методом конечных элементов. Определены предельные длины для различных типов трещин. Показано, что наличие трещиноподобных дефектов, пусть даже небольшой величины, существенно снижает разрушающую нагрузку.

Ключевые слова: механика разрушения, трещиноподобный дефект, колесный трелевочный трактор, защитный каркас кабины, разрушающая нагрузка.

**Pitukhin A.V., Skobtsov I.G., Khvoyn D.A. THE RESEARCH OF CRACKLIKE DEFECTS INFLUENCE OVER THE STRENGTH OF WHEELED SKIDDER'S CABIN PROTECTIVE FRAME.**

This paper deals with the application of main fracture mechanics equations for estimation of cracklike defects influence over wheeled skidder's cabin protective frame survival. The definition of breaking points in protective frame was done by finite elements method. Breaking lengths were calculated for different types of cracks. As shown, the presence of cracklike defects, even small length, rather reduces the level of breakdown load.

Key words: fracture mechanics, cracklike defect, wheeled skidder, cabin protective frame, breakdown load.

**Павлов А.И., Вдовин С.Л. ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ АВАРИЙНОГО ОТСЕЧНОГО КЛАПАНА ГИДРОСИСТЕМ ЛЕСНЫХ МАШИН.**

Рассматривается методика обоснования параметров аварийного отсечного клапана гидросистем лесных машин с целью снижения времени его срабатывания.

Ключевые слова: аварийный, клапан, гидросистема, параметр.

**Pavlov A.I., Vdovin S.L. SUBSTANTIATING OF THE PARAMETERS OF EMERGENCY SHUT-OFF VALVE OF FOREST MACHINES' HYDRAULICS.**

The article deals with a procedure of substantiating of the parameters of emergency shut-off valve of forest machines' hydraulics for the purpose of lowering it's actuation time.

Key words: emergency, valve, hydraulics, parameter.

**Руденко И.И. РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ФОРСУНОК ДИЗЕЛЕЙ НА БИОТОПЛИВЕ.**

В статье рассмотрена работоспособность форсунки дизелей КАМАЗ-740, в котором показано, что содержание биодобавок в дизельном топливе влияет на давление начала впрыскивания. Предложено адаптировать эти форсунки для работы на дизельном биотопливе. В форсунках, которые имеют регулировки при переходе на биотопливо, регулируется давление начала впрыска, а у форсунок, у которых нет таких регулировок, следует изменить конструкцию.

Ключевые слова: форсунка, биодобавка, давление, биотопливо, регулировка.

**Rudenko I.I. WORKING CAPACITY OF ATOMIZERS OF DIESEL ENGINES ON BIOFUEL.**

In article working capacity of an atomizer of diesel engines КАМАЗ-740 in which it is shown is considered that the maintenance of bioadditives in diesel fuel influences pressure of the beginning of injection. It is offered to adapt these atomizers for work on diesel biofuel. Atomizers which have adjustments at transition to biofuel, we regulate pressure has begun injection, and atomizers which do not have such adjustments it is necessary to change a design.

Key words: atomizer, bioadditives, pressure, biofuel, adjustments.

**Майорова Е.И., Мхитарян В.А. ЛЕСНЫЕ ДОРОГИ – КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДИНСТИТУТ ЛЕСНОГО ПРАВА.**

Обосновывается выделение лесной инфраструктуры в самостоятельный институт лесного права, а лесные дороги – в подинститут лесной инфраструктуры. Указанное выделение должно способствовать детализации их правового режима во избежание коллизий при строительстве и эксплуатации.

Ключевые слова: лесная инфраструктура, лесные дороги, лесное право, правовой институт, субинститут права, правовой режим.

**Majorova E.I., Mhitarjan V.A. WOOD ROADS – COMPLEX INSTITUTE OF THE WOOD RIGHT.**

The article identifies forest infrastructure as a separate institute of forest law, forest roads being presented as a subinstitute of forest infrastructure. This identification must result in specifying the law regime of these roads and avoiding collision during construction and exploitation.

Key words: forest infrastructure, forest roads, forest law, law institute, law subinstitute, law regime.

**Кольниченко Г.И., Сиротов А.В., Тарлаков Я.В. ЖИДКОЕ БИОТОПЛИВО: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.**

В статье рассмотрены предпосылки к наращиванию производства жидкого биотоплива и дано обоснование научно-исследовательских работ по изучению влияния свойств биотоп-

лива на итоговые характеристики двигателей внутреннего сгорания, работающих в условиях лесного комплекса.

Ключевые слова: биотопливо, биотехнологии, возобновляемое сырье.

**Kolnichenko G.I., Sirotoy A.V., Tarlakov Y.V. LIQUID BIOFUEL: PROBLEMS AND PERSPECTIVES OF ITS CREATION AND USE.**

This article examines the background for increasing the production of liquid biofuel and dives the ground for research works studying the influence of biofuel on final characteristics of internal – combustion engines in forest complex.

Key words: biofuel, biotechnology, renewed raw materials.

**Сидоров В.И., Котенева И.В., Котлярова И.А., Ермачкова Н.А. АДГЕЗИЯ ДРЕВЕСИНЫ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ ЭФИРАМИ БОРНОЙ КИСЛОТЫ.**

Модифицирование поверхности древесины разработанными составами на основе эфиров борной кислоты и аминспиртов увеличивает ее полярность, уменьшает удельную поверхность и снижает в два раза водопоглощение древесины. При этом улучшается смачиваемость поверхности и увеличивается адгезионная прочность покрытий из ЛКМ, что является результатом проявления межмолекулярных сил взаимодействия. Последнее обеспечивает увеличение срока службы лакокрасочных покрытий.

Ключевые слова: адгезия древесины, эфиры, борная кислота.

**Sidorov V.I., Koteneva I.V., Kotlyarova I.A., Ermachkova N.A. ADHESION of the WOOD MODIFIED by ETHERS of the BORIC ACID.**

Modifying of a surface of wood by the developed structures on the basis of ethers of a boric acid increases its polarity, reduces a specific surface and reduces twice water absorption of wood. Thus wettability of a surface improves and adhesive durability of coverings from paint and varnish materials increases, that grows out display of intermolecular forces of interaction. The last provides increase in service life of paint and varnish coverings.

Key words: adhesion of the wood, ethers, boric acid.

**Пошарников Ф.В. Филичкина М.В. АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ СМЕСИ ДЛЯ ОПИЛКОБЕТОНА НА ОСНОВАНИИ МНОГОФАКТОРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА.**

В статье приводятся результаты многофакторного эксперимента по определению оптимальной структуры опилкобетона и рекомендации по рациональному конкретному содержанию в смеси цемента и опилок, а также добавок в виде жидкого стекла и серноокислого алюминия.

Ключевые слова: опилкобетон, строительная смесь, опилки, химические добавки.

**Posharnikow F.W. Filichkina M.V. THE ANALYSIS OF STRUCTURE OF A MIX FOR SAWDUST CEMENT ON THE BASIS OF MULTIFACTORIAL PLANNING EXPERIMENT.**

Results of multifactor experiment by definition of optimum structure sawdust cement contain and is resulted recommendations under the rational concrete maintenance in a mix of cement and sawdust, and also additives as a liquid glass and aluminum

Key words: sawdust concrete, a building mix, sawdust, chemical additives.

**Серков Б.Б., Сивенков А.Б., Дегтярев Р.В., Тарасов Н.И. ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ РАЗЛИЧНОГО ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ВОЗРАСТА.**

В статье представлены результаты исследования влияния возраста лиственных и хвойных пород древесины на особенности и характер протекания процесса термоокислительной

деструкции. Установлено, что изменение особенностей термоокислительного разложения древесины во многом связано с изменением ее химического состава во времени. Показано, что изменению физико-химических параметров предшествуют различные условия и воздействия, которые сопровождают древесину во время эксплуатации.

Ключевые слова: древесина, термоокислительное разложение, эксплуатационный возраст, искусственное старение, химический состав, элементный состав, энергия активации.

**Serkov B.B., Sivenkov A.B., Degtyaryov R.V., Tarasov N.I. TERMOOXIDATIVE DESTRUCTION OF WOOD WITH DIFFERENT OPERATING AGE.**

In clause results of research of influence of age of deciduous and coniferous breeds of wood on features and character of termooxydative destruction process are presented. It is established, that change of features of termooxydative destruction of wood in many respects is connected with change of its chemical structure in time. It is shown, that change of physical and chemical parameters is preceded with various conditions and influences which accompany with wood during its operation.

Key words: wood, termooxidative destruction, operating age, artificial aging, chemical composition, elemental composition, activation energy.

**Данков А.С. ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ДУБА К ГНУТЬЮ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫХ УСЛОВИЙ.**

В статье сообщается о способности к гнутью древесины дуба в зависимости от различных температурно-влажностных условий. Предлагаются режимы гнутья заготовок с низкой влажностью, интенсифицирующие технологический процесс гнутья.

Ключевые слова: дуб, гнутье древесины, стабилизация формы, режим, технологический процесс.

**Dankov A.S. OAK BENDING ABILITY DEPENDING ON DIFFERENT TEMPERATURE-HUMIDITY CONDITIONS.**

Oak bending ability depending on different temperature-humidity conditions is explored. Wood bending regimes with low humidity intensifying wood bending are given.

Key words: oak, wood bending, form stabilization, regime, technological process.

**Рыбин Б.М., Завражнова И.А. К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВНЕШНЕГО ВИДА ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ИЗДЕЛИЯХ МЕБЕЛИ.**

Разработаны требования, предъявляемые к внешнему виду поверхностей покрытий на изделиях мебели. Сформулированы характеристики различных дефектов покрытий, разработаны условия наблюдения и нормы ограничения их на контролируемых поверхностях покрытий.

Ключевые слова: защитно-декоративные покрытия, дефекты внешнего вида поверхностей, метод оценки качества, ограничение значений параметров дефектов покрытий.

**Rybin B.M., Zavrazhnova I.A. TO A QUESTION OF AN ESTIMATION OF QUALITY OF APPEARANCE OF SURFACES OF PROTECTIVELY-DECORATIVE COVERINGS ON FURNITURE PRODUCTS.**

The requirements shown to appearance of surfaces of coverings on products of furniture are developed. Characteristics of various defects of coverings are formulated, conditions of supervision and norm of their restriction on controllable surfaces of coverings are developed.

Key words: protectively-decorative coverings, defects of appearance of surfaces, a method of an estimation of quality, restriction of values of parametres of defects of coverings.

### **Зайцев Р.В. ВЫБОР МЕТОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СТАНКА.**

Рассматриваются методы для оценки остаточного ресурса объекта. Предлагается структура анализа, которая дает возможность обнаружить те направления исследования при разработке метода, которые могут обеспечить требуемый результат.

Ключевые слова: технические устройства, отказ, остаточный ресурс, точность, предельное состояние.

### **Zaicev R.V. SELECTION OF METHOD FOR VALIDATION OF THE MACHINE TOOL RESIDUAL RESOURCE.**

Methods for validation of object residual resource are described. Author suggests the analysis structure that allows to discover those research directions for method development which may provide the required result.

Key words: technical device, refusal, residual resources, precision, utmost, condition.

### **Наумов А.Н. ОЦЕНКА БЫСТРОДЕЙСТВИЯ ФОТОДИОДОВ С ВСТРОЕННЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ ДЛЯ ВОЛС.**

Проведен анализ влияния встроенного электрического поля на быстродействие фотодиода для ВОЛС. Определена переходная характеристика первичного фототока, который может быть использован для расчета более сложных многослойных фоточувствительных структур.

Ключевые слова: фотодиод, электрическое поле, ВОЛС.

### **Naumov A.N. THE ESTIMATION OF SPEED OF PHOTO DIODES WITH THE BUILT IN ELECTRIC FIELD FOR FOCL.**

An evaluation of influence of the electric built-in field on the FOCL photocell's response speed was carried out. As a result, transient response of the primary photocurrent which can be used for calculation of more complex multilayer photoresistive structures was determined.

Key words: photo diod, electric field, FOCL.

### **Иванов П.А. ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ДАТЧИКИ.**

Данная статья посвящена краткому обзору основных требований и параметров оптоэлектронных датчиков, а также возможных областей их применения. Указаны формулы для расчета технических параметров. Приведены характеристики основных промышленных типов полупроводниковых излучающих элементов.

Ключевые слова: оптоэлектронные приборы с открытым оптическим каналом, транзисторные фотоприемные элементы, коэффициент передачи излучения.

### **Иванов П.А. OPTRONIC SENSORS.**

This article is devoted to the brief review of the basic requirements and parameters of optronic sensors, and similarly possible its application domains. Formulas are indicated for the calculation of technical parameters. Descriptions of basic industrial types of semiconductor radiative elements are resulted.

Key words: optronic devices with the open optical channel, transistor photoreception elements, factor transfer of radiation.

### **Беляев К.В. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ О ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ СОГЛАСОВАННЫХ ОНТОЛОГИЙ.**

В работе рассмотрены особенности модели представления знаний о предметной области на основе математического аппарата согласованных онтологий и доказаны основные ут-

верждения о ее свойствах. Предполагается знакомство читателя с основными определениями и утверждениями, приведенными в предшествующих работах.

Ключевые слова: математическая модель, представление знаний, семантика, онтология, предикат.

#### **Belyaev K.V. ON GENERIC PROPERTIES OF KNOWLEDGE REPRESENTATION MODEL USING ONTOLOGIES.**

This article is concerned to special mathematical model of semantic representation for computer-aided education. Specific definitions are proposed and important statements are proved. Applied algorithms and implemented software system are to be described in next article.

Key words: mathematical model, knowledge representation, semantics, ontology, predicate

#### **Беляев К.В. ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ О ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ В СИСТЕМЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ.**

В работе приведено описание предложенной автором онтологической модели представления знаний о предметной области, ориентированной на использование в системах дистанционного обучения. Рассмотрены базовые характеристики указанной модели и основные утверждения о ее свойствах. В дальнейшем предполагается рассмотреть вопросы применения предложенной модели.

Ключевые слова: математическая модель, представление знаний, семантика, онтология, предикат.

#### **Belyaev K.V. KNOWLEDGE REPRESENTATION MODEL USING ONTOLOGIES FOR E-EDUCATION SYSTEM.**

The special mathematical model of semantic representation for computer-aided education is proposed. Main definitions and statements are considered. More theoretical results, applied algorithms and implemented software system are to be described in some next articles.

Key words: mathematical model, knowledge representation, semantics, ontology, predicate.

#### **Клейнхоф И.А. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ ЛЕСНОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ.**

Рассмотрены основные этапы эволюции теории устойчивого развития лесного хозяйства – от схемы нормального леса и концепции земельной ренты к теории воспроизводства лесных ресурсов и экосистемному менеджменту. В качестве следующей ступени теории устойчивого развития экосистемный менеджмент представляет интегрированную часть целостной системы стратегического управления лесным кластером.

Ключевые слова: устойчивое развитие, экосистемный менеджмент, интегрированная система стратегического управления.

#### **Kleinhof I.A. THEORETICAL ASPECTS OF THE STRATEGIC MANAGEMENT OF SUSTAINABLE FOREST SECTOR DEVELOPMENT.**

This paper discusses theoretical aspects of the strategic management of sustainable forest cluster development (social, economic and ecological issues).

Key words: sustainable development, ecosystem management, strategic management.

#### **Лучкина В.В. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОГНОЗЫ РАЗВИТИЯ ЛЕСНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ В МИРЕ.**

В статье подводятся итоги работы рынка сертифицированной лесной продукции за 2008 год и рассматриваются экспертные прогнозы развития этого рынка.

Ключевые слова: сертифицированная лесная продукция, экспертные прогнозы.

**Luchkina V.V. CURRENT STATE AND FORECASTS OF DEVELOPMENT OF WOOD CERTIFICATION IN THE WORLD.**

In article works of the market of certificated wood production for 2008 are summed up and expert forecasts of development of this market are considered.

Key words: certificated wood production, expert forecasts.

**Тюрин А.Е. МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ В ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ РАЗВИТИЯ.**

В статье кратко рассмотрен исторический опыт освоения капитальных вложений в лесопромышленный комплекс. Учитывая уроки прошлого, необходимо применять комплексный подход к обоснованию инвестиций в лесную или лесоперерабатывающую инфраструктуру с увязкой не только по одному элементу – обеспеченности лесными ресурсами, но и по конечным продуктам, получаемым в результате реализации приоритетных инвестиционных проектов.

Ключевые слова: капитальные вложения, лесопромышленный комплекс, лесные ресурсы.

**Tyurin A.E. METHODS OF CAPITAL INVESTMENTS ORGANIZATION IN THE INDUSTRIAL FORESTRY COMPLEX ON DIFFERENT STAGES OF ITS DEVELOPMENT.**

The article gives a brief summary of historical experience of capital investments development in the industrial forestry complex. A complex approach to the substantiation of investments in the forest or forest-processing infrastructure is examined proceeding from providing the production with forest resources and from realization of forest and paper products on the market.

Key words: capital investments, industrial forestry complex, forest resources.

**Козлитина О.М. ОПТИМИЗАЦИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ НА ПРИМЕРЕ ОАО «ПАРФИНСКИЙ ФАНКОМБИНАТ».**

Предложена методика оптимизации объемов инвестиций, учитывающая, с одной стороны, несвоевременность инвестиций, с другой – возможность переоснащения производства при минимальных потерях. Приведены результаты расчетов по данной методике на примере ОАО «Парфинский фанкомбинат».

Ключевые слова: оптимизация, инвестиции, переоснащение производства.

**Kozlina O.M. OPTIMISATION OF INVESTMENT PROJECTS ON EXAMPLE OF «PARFINSKY FANKOMBINAT».**

The technique of optimisation of volumes of the investments, considering, on the one hand, inopportuneness of investments, with another – possibility of re-equipment of manufacture is offered at the minimum losses. Results of calculations by the given technique are given.

Key words: optimisation, investments, re-equipment of manufacture.

**Козлитина О.М. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ЗАМЕНЫ ИЗНОШЕННЫХ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ.**

В статье рассматриваются вопросы экономической эффективности инвестиционной замены основных производственных фондов, а также техническая и экономическая долговечность оборудования.

Ключевые слова: экономическая эффективность, производственные фонды, экономическая долговечность.

**Kozlina O.M. ESTIMATION OF ECONOMIC EFFICIENCY OF INVESTMENT REPLACEMENT OF THE WORN OUT FIXED CAPITAL.**

We can consider in this article questions of economic efficiency of investment substitution of production funds and also questions of technical and economic reliability of equipment.

Key words: economic reliability, production funds, economic reliability.

**Дашков А.А., Симановский Ф.И. БИЗНЕС-МОДЕЛИ МЕБЕЛЬНОГО РЫНКА РОССИИ.**

В рамках данной статьи рассматриваются вопросы, связанные с появлением и развитием такого явления современного менеджмента, как «бизнес-модель». Авторы статьи разграничивают понятие «бизнес-модель» и другие термины, ошибочно употребляемые в том же контексте, а также представляют определения, предложенные наиболее выдающимися исследователями, занимающимися изучением данного вопроса. Представлены основные бизнес-модели мебельного рынка России, а также более подробно рассмотрена одна из них. Данная статья будет интересна, прежде всего, менеджерам различного уровня, владельцам компаний и инвесторам.

Ключевые слова: бизнес-модель, модель, ценность, прибыль, концепция, инструмент, компания, исследование, инновация, мебельный рынок.

**Dashkov A.A., Simanovskiy F.I. BUSINESS MODELS OF THE FURNITURE MARKET OF RUSSIA.**

Within this article considered the questions which are connected with occurrence and development of such phenomenon of modern management, as «business model». Authors of article differentiate concept «business model» with other terms wrongly used in the same context, and also represent the definitions offered by the most outstanding researchers, engaged in studying these questions. In the second part of article the basic business models of the furniture market of Russia are presented, and also one of them is considered in more details. This article will be interesting, first of all, to managers of various level, owners of the companies and investors.

Key words: business model, model, value, profit, concept, tool, company, research, innovation, furniture market.

**Дашков А.А., Демидов Г.М. ФОРМЫ ВЕДЕНИЯ РОЗНИЧНОГО МЕБЕЛЬНОГО БИЗНЕСА НА ПРИМЕРЕ ЛОКАЛЬНОГО РЫНКА ГОРОДА МЫТИЩИ.**

В статье рассматриваются розничные форматы, в которых работают мебельные производители и дилеры в городе Мытищи. Авторы разделяют существующие форматы на несколько типов: марочная дилерская сеть, дилерский центр с родовым названием, бутик производителя, дом для дома. В статье даны характеристики каждого из форматов, а также рассмотрены реальные примеры, реализованные в городе.

Ключевые слова: мебельная розница, мебельный бизнес, торговые марки мебели.

**Dashkov A.A., Demidov G.M. FORMS OF FURNITURE RETAIL IN LOCAL MYTISCHI MARKET.**

The authors of an article consider local furniture market of Mytischy. The main question of the article is – what forms of retail business in this region are most common and what problems they have. The authors divide local market into 4 groups: dealer with his private mark, dealer with kind mark, producer's boutique and “house for home”. There are description of each forms of furniture business in the article and examples from furniture business of Mytischy.

Key words: furniture retail, furniture business, furniture trade marks.

### **Симановский Ф.И. КЛАССИФИКАЦИЯ БИЗНЕС-МОДЕЛЕЙ.**

В статье рассматриваются вопросы, связанные с методами и принципами классификации бизнес-моделей. В первой части данной статьи рассматривается подход к классификации бизнес-моделей на основании двух фундаментальных измерений бизнеса любой компании. Первое измерение составляют активы, вовлеченные в бизнес – физические, финансовые, нематериальные и человеческие. Второе измерение составляют права на продаваемые активы. Одним из фундаментальных аспектов бизнеса является то, какие законные права присуждаются покупателю после завершения сделки. Это право собственности на владение активом, право использования актива и право передачи актива. На стыке этих измерений появляются 16 базовых бизнес-моделей. Во второй части даются определения и приводятся примеры данных бизнес-моделей.

Ключевые слова: бизнес-модель, модель, ценность, права, активы, компания, бизнес.

### **Simanovskiy F.I. CLASSIFICATION OF BUSINESS MODELS.**

In this article considered the questions which are connected with methods and principles of business models classification. In the first part of this article considered the approach to classification of business models each based on two fundamental dimensions of business of any company. The first dimension is the actives involved in business – there are physical, financial, non-material and human actives. The second dimension is the rights to sold actives. The most fundamental aspect of a business is what kind of legal right is conferred to the buyer upon the completion of the transaction. This property right to possession an active, the right of use an active and the right of transfer an active. At combination of these dimensions the 16 business models are appear. In the second part of this article definitions are given and examples of these business models are resulted.

Key words: business model, model, value, rights, actives, company, business.

### **Григорян М.Г. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ В ПЕРИОД СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ.**

Анализируются предпосылки совершенствования методологии управления в период структурных изменений. Приводится авторская классификация изменений в социально-экономических системах. Обращается внимание на тот факт, что недостатком большинства разрабатываемых высшим менеджментом стратегий предприятия является недооценка важности уравновешивающих процессов. Показано, что флуктуации, воздействующие на систему, в зависимости от силы могут иметь совершенно разные для нее последствия.

Ключевые слова: структурные изменения, классификация изменений в социально-экономических системах, процессы функционирования и развития организации, флуктуации, компенсаторные управленческие воздействия.

### **Grigoryan M.G. ECONOMIC AND ORGANIZATIONAL PREREQUISITES FOR THE ADVANCEMENT OF MANAGEMENT PRACTICES IN VIEW OF STRUCTURAL CHANGES.**

In our article we analyze prerequisites for the advancement of management practices in view of structural changes. The author presents classification system for changes in socio-economic systems. Attention is drawn to the fact that top managers appear to underestimate the significance of equilibrating processes while elaborating a strategy for their company. The article shows that affecting the system may have different consequences, depending on the force of impact.

Key words: structural changes, classification system for changes in socio-economic systems, processes of function and development, fluctuations, balanced management designs.