

# *Вестник Московского государственного университета леса Лесной вестник*

*2006 № 3 (45)*

*В ЧЮМЕРЕ*

- *Методические аспекты проблемы лесоводственных систем*
- *Критерии качества инструмента*
- *Экономические основы формирования стратегии лесопользования в РФ*
- *Методы и модели создания и оценки качества образовательных информационных ресурсов*
- *Военная подготовка в вузе*

Номер подготовили:

Ответственный секретарь  
Редактор

Е.А. РАСЕВА  
Т.Г. КРАПОТИНА

Набор и верстка

М.А. ЗВЕРЕВ

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

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

Материалы настоящего журнала могут быть перепечатаны и воспроизведены полностью или частично с письменного разрешения издательства.

Редакция журнала принимает к рассмотрению не публиковавшиеся ранее статьи объемом 5–15 страниц, включая рисунки и таблицы. Требования к представлению материалов приведены в конце номера.

Рукописи, не соответствующие указанным требованиям, не принимаются; статьи, отклоненные редакцией, не возвращаются.

Редакция не ведет переписку с авторами и не дает информацию о прохождении статей

© Московский государственный университет леса, 2006

---

Подписано к печати 21.06.2006.  
Объем 29 п. л.

Тираж 500 экз.  
Заказ №

---

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

## СОДЕРЖАНИЕ

### Лесное хозяйство

Обыденников В.И., Никитин Ф.А., Никитин В.Ф.	<i>Методические аспекты проблемы лесоводственных систем</i>	5
Румянцев Д.Е., Николаев Д.К.	<i>Изменчивость разных видов прироста деревьев ели европейской под пологом культур сосны</i>	13
Мерзленко М.М.	<i>Результаты выращивания лесных культур сосны в зависимости от вида и возраста лесокультурного материала</i>	20
Султанова Р.Р.	<i>Основы ведения специального хозяйства в липняках целевого лесопользования</i>	23
Ивонин В.М.	<i>Исследование рекреационных нагрузок на колхидские леса</i>	29
Заварзин В.В., Матраимов К.О.	<i>Особенности предварительной стратификации арчевых лесов Кыргызстана</i>	36
Манвелидзе З.К.	<i>Влияние антропогенных воздействий на биоразнообразие субальпийских букняков Арсианского хребта Аджарской АР</i>	41
Давыдычев А.Н., Кулагин А.Ю., Горичев Ю.П.	<i>Естественное возобновление темнохвойных лесов Южного Урала (на примере Южно-Уральского государственного природного заповедника (ЮУГПЗ))</i>	46
Каткова Т.Е.	<i>Исследование зависимости между солнечной активностью и периодами повышенной горимости лесов республик Марий Эл и Коми</i>	55
Харченко Н.А., Калугина С.В.	<i>Санитарное состояние древостоев как показатель деградационных процессов в порослевых дубравах</i>	61
Калугина С.В.	<i>Комплекс некрозных болезней крон дуба и его роль в нарушении устойчивости порослевых дубрав Центрального Черноземья</i>	64
Санаев И.В.	<i>Планирование озеленительных работ</i>	66
Голосова Е.В.	<i>Ландшафтная архитектура погребальных комплексов Китая</i>	71
Санаев И.В.	<i>Город и зеленые насаждения</i>	74
Гомзяков Н.Д.	<i>Обоснование перспективных технологических схем рабочих камер лесных семяочистительных машин</i>	78
Булдаков С.И., Золкина Л.А.	<i>Экологическое воздействие автозаправочных станций на окружающую среду</i>	83
Сиваков Д.О.	<i>Правовая охрана вод: американский опыт</i>	88
Васильев С.Б.	<i>Минеральное питание древесных пород на рекультивируемых землях Егорьевского месторождения фосфоритов (ЕМФ)</i>	92
Васильев С.Б.	<i>Лесные культуры на насыпных глауконитовых песках Егорьевского месторождения фосфоритов</i>	94

### Лесонженерное дело

Шадрин А.А., Грибова С.Н.	<i>Совершенствование технологии производства продукции лесобрабатывающих цехов с применением методов нейрокомпьютерного программирования</i>	96
Соколов Г.М., Стариков С.А.	<i>Расчетное определение кинематических параметров лесовозного автопоезда при движении на кривых</i>	101
Серебрянский А.И.	<i>Обоснование выбора антифрикционных материалов для узлов трения технологического оборудования лесозаготовительных машин</i>	107
Ясенков Е.П.	<i>Актуальность проблемы повышения эффективности технической эксплуатации автомобилей</i>	109
Ларионов В.Я., Левушкин Д.М.	<i>Формирование комплектов ДСМ для строительства лесовозных дорог</i>	113

Бурмистрова О.Н.	<i>Уточнение требований к параметрам шероховатости, сцепным качествам и ровности дорожных покрытий Республики Коми</i>	115
<b>Химические технологии</b>		
Тарасов С.М.	<i>Исследование гидрофобизирующих свойств хлорангидридов смоляных кислот</i>	119
Угрюмов С.А., Смирнов А.А.	<i>Организация технологического процесса производства композиционной фанеры</i>	123
Федотов Г.Н.	<i>Неоднородность органоминеральных гелей почв</i>	126
<b>Деревообработка</b>		
Свиридов Л.Т., Ивановский В.П.	<i>О критериях качества инструмента</i>	135
Пошарников Ф.В., Черных А.С.	<i>Пути повышения выхода пилопродукции при переработке древесины от рубок ухода</i>	147
<b>Экономика</b>		
Грязнов С.Е., Суконкин С.Е.	<i>Экономические основы формирования стратегии лесопользования в Российской Федерации</i>	151
Родионов А.В.	<i>Рентабельность как индикатор эффективности государственного управления лесопользованием (на примере Республики Карелия)</i>	158
Самолдин А.Н.	<i>Методологический подход к построению моделей определения эффективности маркетинговой деятельности</i>	165
<b>Математическое моделирование</b>		
Шереметьев К.П., Царев А.Г.	<i>Использование внешних статистических данных при персонализации сайта</i>	172
Богатиков А.Н.	<i>Характеризация графов, вложимых в n-куб и описание строения булевых торов</i>	177
Ситников П.Н.	<i>Проблема выбора начальной популяции генетического алгоритма, применяемого для решения систем линейных неравенств с булевыми неизвестными</i>	185
Домрачев В.Г., Полещук О.М., Поляков Н.Г.	<i>Методы и модели создания и оценки качества образовательных информационных ресурсов</i>	191
Поляков Н.Г.	<i>Новый метод формализации данных образовательного процесса</i>	195
<b>Образование</b>		
Бочаров В.С.	<i>О роли Правительства и Федеральных органов исполнительной власти в организации военной подготовки и в подготовке офицеров запаса из числа студентов гражданских вузов</i>	199
<b>Физика</b>		
Шульц А.Н.	<i>Исследование теплофизических процессов в устройствах для утилизации низкопотенциального тепла</i>	206
Шульц А.Н.	<i>Экспериментальный стенд для исследования оптических неоднородностей в неравновесном паровом потоке тепловых труб</i>	214
Кузнецова Е.А., Караваев В.А., Солнцев М.К., Школьников Д.Ю.	<i>Исследование влияния регуляторов роста на фотосинтетический аппарат листьев растений люминесцентными методами</i>	217
Поздняков С.А., Гунар Л.Э., Караваев В.А., Солнцев М.К., Глазунова С.А., Кузнецова Е.А.	<i>Люминесцентные показатели здоровых и пораженных трипсом листьев огурца</i>	220

## МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ ЛЕСОВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

В.И. ОБЫДЁННИКОВ, *проф., зав. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛ,*

Ф.А. НИКИТИН, *проф. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛ,*

В.Ф. НИКИТИН, *ведущий научный сотрудник НП «Лосиный остров»*

Лесоводственные системы создают и изменяют лесоводство, являющееся научной и практической основой лесного хозяйства, его важнейшей составной частью [6]. Лесоводственные системы на протяжении всей истории ведения лесного хозяйства в России характеризовались своей самобытностью. Акад. И.С. Мелехов [7] отмечал, что ряд разделов мировой лесоводственной науки разработаны целиком русскими учеными или при их участии, например, учение о смене пород. По его мнению, многочисленные оригинальные работы отечественных лесоводов посвящены проблеме рубок и возобновления.

В России накоплены обширные научные сведения и огромный практический опыт разработки и использования лесоводственных систем, которые до сих пор не утратили своего значения. Они имеют большую историю и нашли достаточно полное отражение в многочисленных литературных источниках, в том числе в трудах классиков отечественного лесоводства [4, 14, 20]. В разработке и совершенствовании лесоводственных систем в XIX в. и первой половине XX в. важную роль сыграли многие русские ученые и практики-лесоводы (в том числе Г.Ф. Морозов, Г.А. Корнаковский, А.Н. Якубюк, Д.М. Кравчинский, М.К. Турский, М.Е. Ткаченко, И.С. Мелехов, А.П. Молчанов, К.П. Соловьев, Б.А. Шустов, А.В. Давыдов). Многие элементы лесоводственных систем, предложенные ими, стали классическими и вошли в учебники и учебные пособия по лесоводству. Из них следует отметить полосные сплошнолесосечные чересполосные рубки Корнаковского в дубовых лесах, постепенные рубки Кравчинского в еловых и елово-лиственных лесах, постепенные рубки Якубюка в сосновых лесах, тульский способ рубок ухода Молчанова в дубовых лесах, руб-

ки ухода Шустова в дубово-грабовых, дубово-березовых и дубово-осиновых насаждениях. Используемые в это время лесоводственные системы базировались полностью на классическом лесоводстве.

С момента возникновения механизированных рубок (в 30-е гг. XX в.) последствия, вызываемые ими, были предметом пристального внимания ученых и практиков лесоводства и прежде всего проф. М.Е. Ткаченко и его учеников. Под его руководством изучалось влияние лесозаготовительной техники при сплошных рубках на лесорастительные условия и возобновление леса [19]. М.Е. Ткаченко впервые разработал ряд лесоводственных требований к работе лесозаготовительных машин. Проф. А.В. Побединским [13] и его учениками (Н.Ф. Петровым, В.И. Исаевым и др.) проведены обширные исследования по выявлению изменений лесорастительных условий на лесоводственные требования к технологическим процессам, вошедшие в официальные документы. Большое теоретическое и практическое значение имело созданное акад. И.С. Мелеховым учение о типах вырубков (типология вырубков) [5], которое по существу является современной основой лесовосстановления. С развитием и совершенствованием орудий труда на рубках леса постепенно претерпевали изменения и лесоводственные системы. В 60–70-е гг. XX в. для ряда географических районов разработаны технологии лесосечных работ (на базе трелевочных тракторов с тросовой оснасткой), обеспечивающие высокую сохранность подроста. Принципиальная основа таких технологий, предусматривающих валку деревьев вершиной к волокну, впервые предложена А.В. Побединским [12].

Во второй половине XX в. наукой и практикой интенсивно разрабатываются лесовод-

хозяйственные (в том числе и лесоводственные) системы на зонально-типологической или эколого-географической основе. Принцип разработки таких лесохозяйственных систем был предложен проф. Г.Ф. Морозовым [3]. По его мнению, «природа страны есть первейший и самый основной фактор для самобытности, и поэтому географическое лесоводство с его учением о зональности и типах насаждений есть, по моему глубокому убеждению, правильное решение вопроса...» [8, с. 473].

Под руководством проф. А.В. Побединского [14] развиты зонально-типологические аспекты лесохозяйственных (и лесоводственных) систем. На этой основе составлены региональные системы ведения хозяйства в нашей стране, нашедшие широкое применение в практике лесного хозяйства. Ведение систем лесоводственных мероприятий предлагалось по группам типов леса. В связи с этим были разработаны рекомендации по выделению групп типов. Такие рекомендации применительно к лесной зоне европейской части России предложены ВНИИЛМ и лабораторией лесоведения АН СССР (ныне Институт леса РАН) [15]. В них для каждой природной зоны приведены схемы групп типов леса, в которых, к сожалению, не приведены типы леса. Известно, что основной классификационной единицей является тип леса [8]. Г.Ф. Морозов указывал, что в одних экономических условиях хозяйство может вести по группам типов леса, в других условиях – по типам леса. Определенные мероприятия могут базироваться в отдельных регионах страны и на серии типов леса. Например, авиационная охрана лесов на севере европейской части страны, на Урале, Сибири и Дальнем Востоке.

В преддверии XXI в. в России и ряде стран мира происходила примитивизация практики лесоводства, ее вынужденное отступление от научных принципов, огрубление [6]. Такое явление было вызвано прежде всего использованием на рубках леса тяжеловесных агрегатных машин, отступлением от индивидуального подхода к отбору деревьев на несплошных (постепенных, выборочных) рубках

главного пользования и рубках ухода. Применение агрегатных машин на рубках леса часто приводило к негативным экологическим последствиям. На рубках ухода вырубались ряды лесных культур или создавались технологические коридоры в естественных молодняках для прохода лесосечных машин. В связи с этим обострилось противоречие между лесозэксплуатацией и лесоводством. Акад. И.С. Мелехов указывал, что идеалом, к которому следует стремиться, является «органическое соединение» экологии и техники как в лесозэксплуатации, так и в лесовыращивании [6].

Несмотря на обширные научные сведения и богатый опыт применения системы лесоводственных мероприятий при их разработке, до сих пор в полной мере не использованы теоретические положения лесной биогеоценологии [18], современных научных направлений в типологии леса (генетической и динамической) [2, 5]. Отмеченные обстоятельства привели к недостаточному учету в лесоводственных системах антропогенной и природной динамики леса. Выбор оптимального решения при разработке и планировании лесоводственных систем возможен лишь при учете всего комплекса взаимосвязанных и взаимообусловленных явлений и процессов природного, технического, экономического, социального и иного характера. Важное значение при этом имеют природные факторы и прежде всего биология, экология и география леса. Лес как природная система рассматривается в пространстве и времени. Он рассматривается в пространстве на биогеоценозном, провинциальном, природно-зональном и других уровнях. Лесоводственные системы на этих уровнях имеют свои особенности, связанные со свойственными для каждого из них лесорастительными условиями, параметрическими и структурными показателями лесной экосистемы, в том числе и трансформированными под влиянием антропогенных нагрузок.

Лесоводственные системы на биогеоценозном уровне охватывают как отдельные этапы роста и развития леса, так и весь период его жизни. Они представлены прежде всего

комплексом мероприятий, направленных на успешное возобновление и целенаправленное формирование леса. Лесоводственные системы строятся на знаниях (сведениях) о природе леса, характере антропогенных нагрузок и антропогенной его динамике. Формализация изменений лесной экосистемы в связи с применением лесоводственных мероприятий является одной из важных и довольно трудных задач лесоводства. Сложность ее решения заключается в том, что лес является открытой природной (вероятностной) системой, динамика которой связана с неоднократным воздействием разнообразных лесоводственных мероприятий (в том числе и систем машин). Динамику таких экосистем возможно установить с большей определенностью и удовлетворительным образом формализовать лишь в рамках системного подхода на основе теоретических положений лесной биогеоценологии [18] и современных направлений в лесной типологии (генетической и динамической) [2, 5]. Методика формализации изменения лесного биогеоценоза в связи с рубками рассмотрена ранее [9].

Большую научную практическую значимость для прогнозирования динамики лесных биогеоценозов в связи с лесоводственными системами имеет принципиальная схема формирования типов леса после удаления древостоя, вызванного антропогенными факторами (рубками, пожарами и др.), предложенная акад. И.С. Мелеховым [5]. Все многообразие возможных последствий антропогенных факторов (связанных с полным удалением древостоя) им сведено в два основных направления. Особенности первого направления состоят в том, что образование леса происходит через безлесный этап (тип вырубki, тип гарей и т.д.). Оно возможно, например, после сплошных рубок в случаях отсутствия подростa под пологом леса (до рубки) или в связи с уничтожением его во время лесозаготовок. Второе направление характеризуется формированием леса, минуя безлесный этап. Так, при высокой сохранности подростa формирование леса происходит сразу же после

рубки. В связи с этими двумя направлениями в динамике леса после рубки возможны соответственно и две группы лесоводственных систем. В одной из них, связанной с безлесным этапом, присутствуют элементы естественного и искусственного возобновления, в другой, охватывающей лесные этапы развития лесной растительности, преобладают элементы целенаправленного формирования леса рубками ухода.

Такая принципиальная схема по существу явилась методической основой для составления конкретных региональных схем развития растительного покрова после рубок.

Результаты наших многолетних стационарных исследований в зоне смешанных (хвойно-широколиственных) лесов Русской равнины позволили разработать схему развития лесного растительного покрова после сплошной рубки агрегатной техникой в ельниках черничных (свежем и влажном) [9]. Рассмотрим особенности динамики леса (его типа, в том числе и типа вырубki) в зависимости от исходного типа леса и характера воздействия лесозаготовительной техники на его компоненты, которые могут служить надежной природной основой для разработки и выбора конкретных лесоводственных систем. Исходный тип леса (до рубки) и влияние рубки является причиной; сформировавшийся тип леса после рубки (или этапы его формирования) – следствием. Так, после сплошных рубок при разном воздействии лесосечной техники на почву, подрост и другие компоненты леса на месте ельника черничного свежего формируются обычно ситниковый, ситниково-вейниковый, лесно-вейниковый и разнотравно-ситниковый типы вырубок (табл. 1), а на месте ельника черничного влажного – сфагновый, ланцетно-вейниково-сфагновый, ситниково-щучковый и щучковый типы вырубок. На вырубках означенных типов (за исключением разнотравно-ситникового) создаются неблагоприятные условия для естественного возобновления ели. На них необходимо создавать лесные культуры.

**Прогнозирование возобновления ели в связи с характером воздействия лесозаготовительной техники при сплошных рубках\***

Повреждение поверхности почвы, %	Сохранность подраста, %	Тип вырубki	Количество самосева и подраста ели (давность рубки, лет), тыс. шт./га								
			0 (год рубки)	1	2	3	4	5	6	7	8
11 – 20	30	разнотравно-ситниковый	4,80	4,84	4,63	4,43	4,43	4,52	4,84	5,28	5,91
21 – 30	70		4,20	4,26	4,00	3,93	3,94	4,06	4,38	4,82	5,45
31 – 40	60		3,60	3,68	3,47	3,42	3,46	3,59	3,91	4,35	4,93
41 – 50	50	ситниково-вейниковый	3,00	2,49	1,85	1,59	1,56	1,59	1,65	1,71	1,77
51 – 60	40		2,40	2,00	1,48	1,30	1,29	1,32	1,38	1,44	1,50
61 – 70	30		1,80	1,51	1,13	1,01	1,02	1,06	1,12	1,18	1,24
71 – 80	20	ситниковый	1,20	0,84	0,48	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32
81 – 90	10		0,60	0,44	0,28	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32
91 – 100	0		-	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32

\* Исходный тип леса – ельник черничный свежий, возраст подраста ели в момент рубки – 20 лет, количество подраста до рубки – 6,0 тыс. шт./га)

**Модель формирования молодняков на вырубках (11-летней давности) в зависимости от возраста и высоты подраста ели в момент рубки**

Подраст ели в момент рубки		Молодняк через 11 лет после рубки				
		Береза последующего возобновления		Ель предварительного возобновления		Положение ели в древостое
возраст, лет	высота, м	возраст, лет	высота, м	возраст, лет	высота, м	ярус
до 12	до 0,4	11	4,1 – 5,2	до 23	2,0 – 3,0	нижний ярус
12 – 16	0,4 – 0,7	11	4,1 – 5,2	23 – 27	4,0 – 5,3	в одном ярусе с березой
более 16	более 0,7	11	4,1 – 5,2	более 27	4,9 – 6,0	верхний ярус

При достаточно высокой сохранности и численности подраста сразу же после рубки древостоя на месте отмеченных выше исходных типов леса происходит формирование того же типа леса (минуя безлесный этап – тип вырубki). В этих случаях целесообразно целенаправленное формирование леса рубками ухода. Однако методы рубок будут определяться характером формирования молодняк, который зависит от высоты и возраста подраста ели, сохраненного в момент рубки. В соответствии с разработанной нами моделью (формирования молодняк на вырубках, табл. 2) из подраста ели предварительного возобновления старше 16 лет образуется верхний ярус молодняк. Здесь целесообразен низовой метод рубок ухода. На участках

с сохраненным подрастом главной породы в возрасте 12–16 лет формируется молодняк, в основном полог которого одновременно участвуют ель и лиственные породы (береза, осина). На них необходимо проведение комбинированного разреживания. После рубки древостоя с подрастом главной породы моложе 12 лет образуется молодняк с верхним ярусом из лиственных пород и нижним из ели. При его целенаправленном формировании используется верховой метод разреживания.

Характер распределения (размещения) подраста по площади леса и вырубок принято устанавливать по его встречаемости. Встречаемость подраста (отношение числа учетных площадок с подрастом к общему числу заложенных площадок, %) – один из



основных показателей, отражающий процесс возобновления леса, который позволяет прогнозировать состав и продуктивность будущих древостоев [3]. Применительно к еловым насаждениям прогноз состава спелого древостоя по встречаемости подроста главной породы (в %) сразу же после рубки выглядит следующим образом (1–2 единицы в составе древостоя возможны при встречаемости подроста 10–20 %, 3–4 единицы – при 30–40 %, 5–6 единиц – при 50–60 %, 7–8 единиц – 70–80 % и 9–10 единиц в составе – при встречаемости 90–100 %. Следовательно, со встречаемостью подроста связаны особенности горизонтального разделения лесов, обуславливающие территориальную дифференциацию разреживания древостоев при проведении рубок ухода. Встречаемость, густота, возраст и высота подроста древесных пород могут влиять и на выбор вариантов технологий лесосечных работ и систем лесозаготовительных машин, используемых на рубках главного и промежуточного пользования. В частности, при преобладании мелкого (высотой до 0,5 м) подроста можно применять трехленточную технологию при рубках главного пользования (на базе агрегатной техники ЛП-19, ТБ-1 или ЛП-18). Другие структурные и параметрические показатели лесного биогеоценоза (до рубки) также в значительной мере определяют особенности лесоводственных систем. На участках леса с наилучших промысловых ягодников (черники, брусники) (урожайность более 100 кг/га) следует проводить рубки с учетом биологии и экологии не только древесных пород, но и преобладающих видов ягодников. Так, на промысловых участках черники при проведении рубок главного пользования (постепенных, выборочных) и рубок ухода целесообразно поддерживать сомкнутость полога древостоя в пределах 0,6–0,7 [10]. При такой сомкнутости полога древостоя создаются благоприятные световые условия для роста покрова черники. В рекреационных лесах лесоводственными системами поддерживается или улучшается рекреационный потенциал

их (комфортность, привлекательность, устойчивость) [16]. В зависимости от группы лесов (I, II, III) акценты целей и назначения лесоводственных систем смещаются от эксплуатационно-лесовосстановительных до защитно-экологических.

Для принятия оптимального (или хозяйственного целесообразного) решения по выбору и применению лесоводственных систем необходима объективная их оценка. Оценка природных аспектов лесоводственных систем должна исходить из сравнения реального воздействия их на лес (а также последствий применения их) с допустимым (в соответствии с лесоводственно-экологическими требованиями) воздействиями.

Приведенные выше результаты изучения причинно-следственных связей антропогенной динамики леса являются природной основой для разработки лесоводственно-экологических требований к способам рубок, технике и технологии лесосечных работ, которые большей частью могут быть критерием для оценки и выбора лесоводственных систем. Для каждой лесоводственной системы (в том числе и системы машин) на определенном этапе роста и развития роста леса (возобновления и формирования) разрабатываются своеобразные организационно-технические элементы рубок, в том числе лесоводственно-экологические требования к лесосечным работам и лесокультурной площади, а также к рубкам ухода (требования к технике, программе рубок ухода).

Рассмотрим методический подход к разработке лесоводственных требований применительно к сплошным рубкам как наиболее радикальным, после которых часто наступает самый сложный, трудно предсказуемый и самый важный этап в динамике типа леса – тип вырубki и лесовозобновление.

Для научного обоснования лесоводственно-экологических требований к сплошным рубкам, технике и технологии лесосечных машин (при одинаковых организационно-технических элементах рубок) целесообразно учитывать характер изменения моза-

ичных условий среды и контагиозное (неравномерное) распределение древесной растительности (подроста). В качестве одного из важнейших критериев лесоводственно-экологических требований к работе лесосечных машин предлагается величина встречаемости подроста [3]. С характером размещения молодых древесных растений по площади (т.е. со встречаемостью) связаны структура, состав, производительность и другие лесоводственно-таксационные показатели будущих лесов в целом и этапов его формирования в отдельности.

Критерии лесоводственно-экологических требований к лесосечным работам неодинаковы на участках леса с разными способами возобновления после рубки. Основанием для отнесения участков леса к определенным способам возобновления после рубки (естественному предварительному и последующему, искусственному) может служить величина встречаемости подроста до рубки и вероятность образования типов вырубок с благоприятными или неблагоприятными условиями для возобновления главных пород.

Лесоводственно-экологические требования в процессе работы лесозаготовительных машин при сплошных рубках на лесосеках с подростом должны предъявляться в основном к величине такого показателя, как встречаемость подроста. Остальные его признаки: густота, благонадежность, конкурентоспособность и другие – следует отнести к разряду ограничений. Допустимую сохранность подроста предлагается устанавливать по соотно-

шению встречаемости подроста под пологом леса до рубки и величины встречаемости сохранившегося подроста, в соответствии с которым возобновление леса оценивается удовлетворительно [9]. Так, по оценочной шкале, предложенной Н.А. Мартыновым [3], для условий еловых лесов южной тайги европейской части России (на примере зеленомошной группы) возобновление ели считается удовлетворительным при встречаемости подроста не менее 50 %. Такой показатель встречаемости после рубки (назовем его «необходимым») взят в качестве отправной точки для расчета допустимой сохранности в связи с рубкой, а также достаточной для этого встречаемости его до рубки под пологом леса (табл. 3).

Лесоводственно-экологические требования к работе лесосечных машин при сплошных рубках на лесосеках без подроста предъявляются в зависимости от способа возобновления после рубки (естественного последующего, искусственного). При проведении сплошных рубок на лесосеках без подроста, отнесенных к участкам с последующим способом возобновления после рубки, следует допускать образование фрагментов вырубок (с благоприятными условиями для возобновления главных пород в формирующихся на них парцеллах растительного сообщества) таких размеров и встречаемости на площадях, которые позволили бы обеспечить «необходимую» встречаемость самосева и подроста последующего возобновления для полноценного и своевременного восстановления леса на вырубках.

Т а б л и ц а 3

**Допустимая сохранность подроста ели при сплошных рубках при «достаточной» его встречаемости под пологом леса (на примере ельников южной тайги Русской равнины)**

Допустимая сохранность подроста, %	«Достаточная» встречаемость подроста до рубки, %	«Необходимая» встречаемость подроста после рубки, %
50	100,0	≥ 50
55	90,1	
60	83,3	
65	80,0	
70	71,4	
75	66,5	
80	62,5	

Для принятия оптимального решения, направленного на своевременное и полноценное восстановление леса, в связи с рубками важна научно обоснованная методическая оценка последствий способа рубки, техники и технологии лесосечных работ, от которых зависит дальнейшее планирование лесоводственных систем.

В разработанных нами методах оценки лесоводственной эффективности применения сплошных рубок, техники и технологии лесосечных работ имеются принципиальные отличия [9].

Лесоводственно-экологическая оценка работы лесозаготовительной техники проводится по степени воздействия ее на лесной биогеоценоз и экологическим последствиям ее использования по одной из технологий, в большей мере удовлетворяющей лесоводственным требованиям.

Лесоводственно-экологическая оценка применяемых при сплошных рубках технологий лесосечных работ дается также по степени воздействия техники на лесной биогеоценоз, но только при соблюдении технических требований. Ряд технологий при этом может одновременно не нарушать и лесоводственных требований. Лесоводственно-экологическую оценку техники и технологии при сплошных рубках необходимо осуществлять при соблюдении установленных требований к организационно-техническим элементам рубки. Обязательное условие оценки – наличие одинаковых параметров этих элементов рубки в пределах одной формации определенного региона, а также одинаковый опыт рабочих.

Лесоводственно-экологическая оценка сплошных рубок осуществляется по характеру их воздействия на лесной биогеоценоз и их последствий как с соблюдением лесоводственных и технологических требований, так и с нарушением их из-за организационных и других причин.

Такое ранговое разделение оценок важно не только в теоретическом плане, но и для практики лесного хозяйства и лесной

промышленности. Оно позволит при экологической экспертизе предостеречь от включения в показатель лесоводственной оценки техники тех ее воздействий, которые вызываются причинами, не связанными с их конструктивными особенностями: слабой организацией работ, несоблюдением тех или иных требований и др.

На лесосеках с подростом лесоводственно-экологическая оценка техники и технологии лесосечных работ при сплошных рубках осуществляется как на уровне биогеоценоза, так и на региональном уровне. Методика такой оценки обстоятельно рассмотрена ранее [9]. Оценка их на лесосеках с подростом на уровне биогеоценоза производится для каждого типа леса (или групп типов) по сезонам лесозаготовок с учетом их длительности и в целом за год. Минимально допустимая сохранность подростка в соответствии с предложенными требованиями (табл. 3) принимается в зависимости от встречаемости под пологом леса до рубки. Методика определения регионального показателя лесоводственно-экологической оценки техники и технологии лесосечных работ на лесосеках с подростом базируется на учете характера изменений сохранности подростка как по территории вырубок, так и по типам леса региона и исходит из того, что лес на межбиогеоценозном уровне представляет природное единство [5]. Означенные показатели важны как для разработки и планировании лесоводственных систем на конкретных участках, так и региональных лесоводственных систем.

В методиках, касающихся лесоводственных систем на межбиогеоценозном уровне, необходимо учитывать то обстоятельство, что для каждого района характерны своеобразные биология и экология древесных пород, набор типов леса и вырубок, природная и антропогенная динамика леса. В частности, с ухудшением географических условий (климатических, почвенных и др.) у одной и той же породы потребность в свете возрастает. Происходит снижение оптималь-

ной численности деревьев, с учетом которой и строятся программы рубок ухода. С ухудшением климатических условий замедляется развитие живого напочвенного покрова, снижается степень задернения почвы, и, следовательно, уменьшается негативное влияние на возобновление леса. Например, сплошной рубки в ельнике кисличном и черничном свежем в южнотаежной подзоне и зоне смешанных лесов Русской равнины вейник тростниковый (лесной), успешно развиваясь, создает сильное задернение почвы, затрудняющее возобновление главной породы. В сосняках таежной зоны Западной и Восточной Сибири этот вид из-за сурового климата развивается слабо, не образуя заметного задернения почвы, и тем самым не оказывает существенного негативного влияния на возобновление главной породы. Поэтому с ухудшением климатических условий в лесоводственных системах возрастают элементы естественного возобновления леса.

Лесоводственные системы, как отмечал акад. И.С. Мелехов [6], следует связывать прежде всего с системами ведения сельского и водного хозяйства. В настоящий период эта проблема особенно актуальна, т.к. происходит интенсивное зарастание сельскохозяйственных угодий лесной растительностью. Поэтому в пограничных районных лесах с пашней необходим такой синтез лесоводственных и сельскохозяйственных систем, который позволил бы или предотвратить сельскохозяйственные угодья от зарастания лесной растительностью, или восстановить наиболее продуктивные сельскохозяйственные земли, а на части их (малопригодных для сельхозпользования) осуществить рациональное пользование различными продуктами и полезностями леса.

В последнее время экологическая сертификация лесного хозяйства, в том числе и лесоводственных систем, была предметом пристального внимания отечественных лесоводов [1, 11, 17]. Лесоводственные системы следует разрабатывать в соответствии с правилами ведения лесного хозяйства и

экологических стандартов, предусмотренных сертификацией управления лесами, обеспечивающими сохранение биологического разнообразия и устойчивость лесов. Приведенные методические положения позволяют дополнить и уточнить природные аспекты соответствующих критериев и индикаторов сертификации лесоводственных систем.

### Библиографический список

1. Кожухов, Н.И. Концепция формирования экологического базиса стратегии перехода экономики России на модель устойчивого развития / Н.И. Кожухов. – М.: ВНИИЛМ, 1997. – 52 с.
2. Колесников, Б.П. Генетический этап в лесной типологии / Б.П. Колесников // Лесоведение. – 1974. – №2. – С. 3–20.
3. Мартынов, А.Н. Оценка возобновления ели / А.Н. Мартынов // Лесоведение. – 1992. – № 4. – С. 43–49.
4. Мелехов, И.С. Рубки главного пользования / И.С. Мелехов. – М.: Гослесбумиздат, 1962. – 328 с.
5. Мелехов, И.С. Динамическая типология леса / И.С. Мелехов // Лесное хозяйство. – 1968. – № 3. – С. 15–20.
6. Мелехов, И.С. Лесоводство / И.С. Мелехов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 302 с.
7. Мелехов, И.С. Очерк развития наук о лесе в России. 2-е изд., репринтивное / И.С. Мелехов. – М.: МГУЛ, 2004.
8. Морозов, Г.Ф. Избранные труды. – Т. I / Г.Ф. Морозов. – М.: Лесная пром-сть, 1971. – 560 с.
9. Обыденников, В.И. Оценка лесоводственно-экологических последствий использования аграрной техники при сплошных рубках / В.И. Обыденников // Лесохозяйственная обзорн. информ. – М.: ВНИИЦлесресурс, 2001. – № 2. – С. 46–63.
10. Обыденников, В.И. Влияние рубок ухода на дикорастущие ягодники (чернику, бруснику) В.И. Обыденников // Лесохозяйственная обзорн. информ. – М.: ВНИИЦлесресурс, 2004. – № 2. – С. 6–11.
11. Обыденников, В.И. Особенности сертификации лесоводственных систем / В.И. Обыденников, С.А. Коротков // Лесной вестник. – 2005. – С. 79–82.
12. Побединский, А.В. Влияние техники и организации лесозаготовок на сохранение подростка / А.В. Побединский // Лесное хозяйство. – 1951. – № 6. – С. 53–55.
13. Побединский, А.В. Изменение лесорастительной среды под влиянием тракторной трелевки / А.В. Побединский // Лесное хозяйство. – 1952. – № 3. – С. 34–39.
14. Побединский, А.В. Основные принципы организации и ведения лесного хозяйства на зонально-

- типологической основе / А.В. Побединский // Лесоведение. – 1981. – № 3. – С. 3–8.
15. Рекомендации по выделению коренных и производных групп типов леса лесной зоны европейской части РСФСР. Сост.: А.В. Побединский, Ю.А. Лазарев и др. – М.: ВНИИЛМ, 1982. – 40 с.
  16. Рысин, С.Л. Оценка рекреационного потенциала искусственных насаждений в пригодных лесах / С.Л. Рысин. – М.: 1996. – 27 с.
  17. Страхов, В.В. К стратегии устойчивого управления лесами: сертификация лесов и лесной продукции / В.В. Страхов // Лесное хозяйство. – 1996. – № 5. – С. 6–9.
  18. Сукачев, В.Н. Избранные труды. Основы лесной типологии и биогеоценологии. – Т. I. / В.Н. Сукачев. – Л.: Наука, 1972. – 420 с.
  19. Ткаченко, М.Е. Концентрированные рубки, эксплуатация и возобновление леса / М.Е. Ткаченко. – М.: Росиздатсельхоз и колхозно-кооперативной лит., 1931. – 173 с.
  20. Ткаченко, М.Е. Общее лесоводство / М.Е. Ткаченко; под ред. И.С. Мелехова. – М.-Л.: Гослесбуиздат, 1955. – 599 с.

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАЗНЫХ ВИДОВ ПРИРОСТА ДЕРЕВЬЕВ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ПОД ПОЛОГОМ КУЛЬТУР СОСНЫ

Д.Е. РУМЯНЦЕВ, доц. каф. ботаники и физиологии растений МГУЛ, канд. биол. наук,  
Д.К. НИКОЛАЕВ, науч. сотр. лаборатории лесоводства Института лесоведения РАН

Многолетние стационарные экофизиологические исследования продукционного процесса, выполняемые непосредственно в лесу, дают надежную информацию о закономерностях роста. Однако возможности для проведения таких исследований ограничены, т.к. они требуют значительных материально-технических вложений и преемственности в наблюдениях на протяжении нескольких поколений исследователей [4]. В связи с этим стационарные экофизиологические исследования целесообразно сочетать с дендрохронологическими: основательность подхода первых хорошо дополняется гибкостью вторых. Однако прежде чем рекомендовать использование дендрохронологических методов в стационарных исследованиях продуктивности деревьев, необходимо удостовериться в том, что изменчивость ширины годичного кольца может служить индикатором динамики прироста по объему ствола.

Решение задачи оценки изменчивости радиального прироста на высоте 1,3 м как показателя продуктивности дерева нами проведено на примере популяции ели под пологом культур сосны. Формирование и рост

таких популяций ели является давней тематикой стационарных исследований лаборатории лесоводства Института лесоведения РАН, поэтому выбор именно этого объекта был для нас особенно актуален. Вскрытые закономерности в определенной мере могут быть распространены и на другие подобные объекты.

Объектом исследования являлась популяция ели под пологом сосны в Порецком лесничестве Бородинского лесхоза Московской области. В 2003 г. в культурах сосны 65-летнего возраста на пробной площади в 0,09 га были срублены все деревья ели. Таксационные характеристики насаждения до рубки подрост ели приведены в табл. 1.

Высота ели варьировала от 3 до 17 м, а возраст – от 27 до 62 лет.

Т а б л и ц а 1

### Характеристика исследуемого древостоя

Ярус	Состав	Число деревьев, экз./га	Запас, м <sup>3</sup> /га
1	9.0С 0.7Е 0.3Б	648	439
2	10Е	1791	65

Деревья малых возрастов были сосредоточены в нижних группах высоты, возраст ели выше 10 метров изменялся в пределах 50–60 лет.

Спилы со ствола модельных деревьев отбирались через каждый метр, начиная с высоты 0,5 м. На комлевом спиле определялся возраст деревьев. При отборе моделей по мутовкам измерялись приросты деревьев в высоту за последние 30–40 лет (от вершины до высоты около 2 м. Радиальные приросты на спилах определялись с помощью бинокулярного микроскопа МБС-10 по четырем направлениям, точность измерения составляла 0,05 мм. Для перекрестной датировки

использовался пакет программ GROWLINE [7]. Данные измерений позволили рассчитать ежегодный прирост объема ствола и сопоставить динамику радиального, линейного и объемного приростов.

Первоначально все деревья были сгруппированы по высотным группам с интервалом 2 м (3.1-5, 5.1-7 и т.д.) в которых были подсчитаны средние годовые приросты в высоту.

Из рис. 1 видно, что деревья ели первых двух высотных групп имеют устойчивую тенденцию к снижению линейного прироста примерно с 1985 г., тогда как у более высоких деревьев этого не наблюдается.

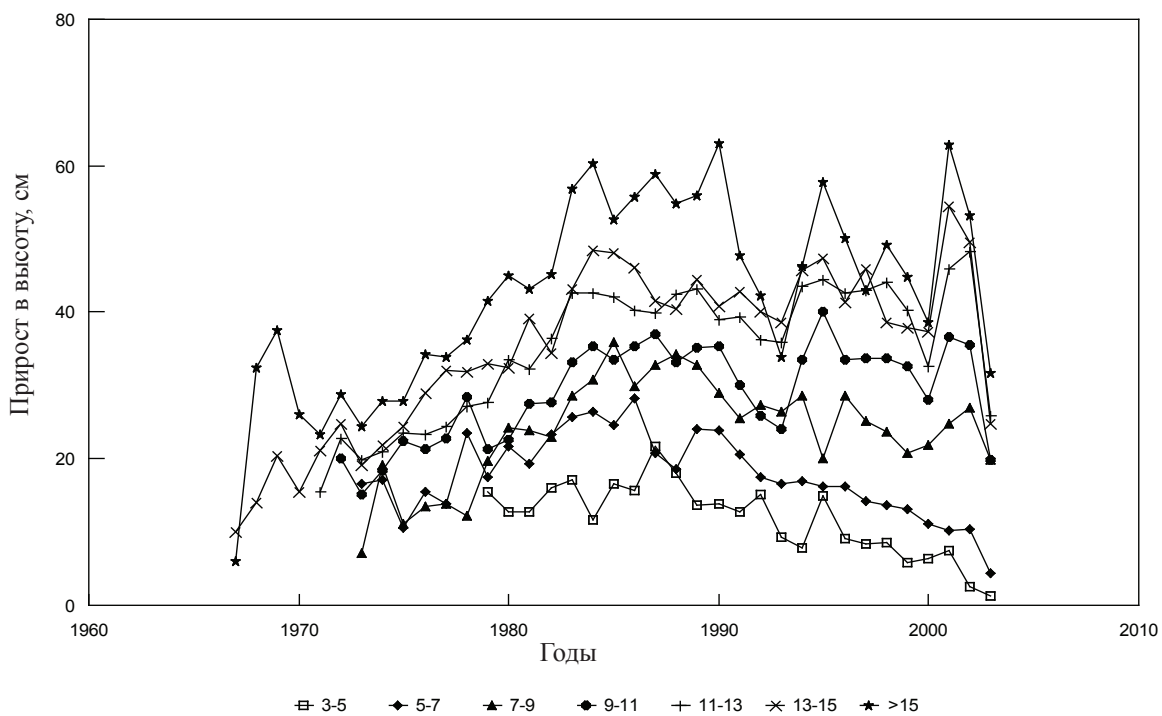


Рис. 1. Динамика прироста в высоту деревьев ели (по высотным группам, м)

Т а б л и ц а 2

**Значения коэффициентов корреляции между кривыми изменения линейного прироста разных высотных групп**

Группы высоты, м	3–5	5–7	7–9	9–11	11–13	13–15
5–7	<b>0,71</b>	–	–	–	–	–
7–9	0,41	0,44	–	–	–	–
9–11	0,02	0,19	<b>0,69</b>	–	–	–
11–13	0,25	0,13	<b>0,78</b>	<b>0,91</b>	–	–
13–15	0,19	0,16	<b>0,75</b>	<b>0,89</b>	<b>0,94</b>	–
>15	0,30	0,38	<b>0,77</b>	<b>0,90</b>	<b>0,88</b>	<b>0,88</b>

Для определения сходства кривых линейного прироста были рассчитаны коэффициенты корреляции между кривыми всех высотных групп. Данные корреляционного анализа приводятся в табл. 2.

Из данных анализа следует, что деревья высотой от 3 до 7 м имеют сходную (угасающую) динамику прироста, более высокие деревья имеют сходство динамики между собой, но не сходны с деревьями высотой до 7 м. Особенно заметно сходство (коэффициент корреляции близок к 0,9) у деревьев, высота которых более 9 м. Поэтому для целей детального анализа нами были отобраны деревья лидерной группы высотой более 10 м, характер линейного прироста которых весьма сходен.

В отдельных исследованиях по вопросам биопродуктивности используется такой показатель, как тренд радиального прироста [2, 5, 13]. Сопоставление трендов в хронологиях по радиальному и по объемному приросту показало, что тренды их, как правило, не совпадают даже по знаку, особенно в лидерной части древостоя. Это наблюдение дает основание быть более осторожными в использовании результатов исследований биопродуктивности, полученных главным образом на базе трендов радиального прироста.

Наличие разнонаправленных трендов у разных видов прироста требует применения симметричных средних при сглаживании первичных временных рядов методом скользящей средней. Индексы приростов рассчитывались нами как отношение прироста в данном году к среднему приросту за пять лет (два предыдущих года, текущий и два последующих).

В большинстве дендрохронологических исследований задействованы ряды радиального прироста  $Zr$ , полученные для высоты 1,3 м. Более низкие высоты неудобны из-за наличия наплывов на корневых лапах, а более высокие неудобны при отборе образцов. Возможно допустить, что падения прироста  $Zr$ , фиксируемые на материале данных хронологий, не всегда отражают падение в продуктивности, ведь спад прироста  $Zr$  на высоте 1,3 м может быть компенсирован всплеском в более высоких частях ствола. Отличия по ширине годичного кольца в нижней и верхней частях ствола связаны с наличием градиента концентрации фитогормонов по высоте ствола [8]. Наибольшая концентрация фитогормонов наблюдается у основания кроны, что является результатом суммарного производства всей кроной дерева.

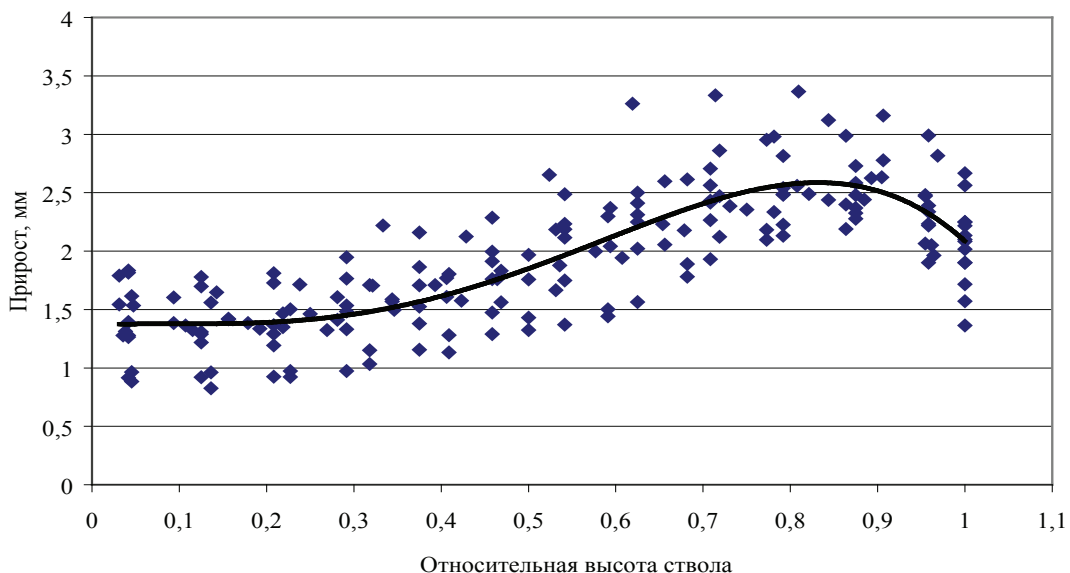


Рис. 2. Изменение текущего радиального прироста за пять лет по относительной высоте ствола

Пронормировав место резов относительно общей высоты, мы таким образом поставили прирост в соответствие градиенту концентрации ауксина. График на рис. 2 отражает распределение величины среднего прироста за пять лет относительно положения на стволе. Видно, что прирост  $Zr$  в нижней части ствола ниже, чем в верхней; коэффициент корреляции между относительной высотой на стволе и величиной прироста равен 0,72. Просматривается нелинейный характер связи: для участков, лишенных кроны, регрессия прироста по высоте практически не выражена, затем наблюдается резкое увеличение (начало которого совпадает с границей первого сука, средняя относительная высота первого живого сука для данной выборки равна 0,32), в верхушечной части прирост незначительно падает, видимо, концентрация ауксина там также ниже за счет отсутствия притока его из почек боковых побегов, удельный вес которых в сумме выше, чем вес апикального побега. В целом падение прироста по высоте ствола может быть описано уравнением нелинейной регрессии ( $R^2 = 0,65$ ) вида

$$Y = -12,231 * X^4 + 16,622 * X^3 - 4,027 * X^2 + 0,3549 * X + 1,3663,$$

где  $X$  – относительная высота ствола (высота спила, отнесенная к общей высоте дерева);

$Y$  – текущий радиальный прирост за пять лет на данной высоте, мм.

Полученная нами картина изменения ширины годичных колец по высоте ствола в целом соответствует из известной работы Краузе и Экстейна, выполненной на материале ели европейской [3].

Согласно представлениям, обобщенным Г.Ф. Антоновой [1], на формирование радиального прироста на разных высотах ствола могут оказывать такие факторы, как

неравномерный режим прогрева по высоте ствола и более резкие перепады температуры ствола в его вершине по сравнению с комлем. Влияние на ростовые процессы может оказывать и изменение водного баланса тканей вдоль ствола. Так, формирование древесины в вершине дерева происходит в большинстве случаев в условиях водного стресса, являющегося результатом транспирации, а содержание влаги в кроне убывает снизу вверх [1]. Из вышесказанного можно сделать вывод, что отклик прироста на климатические факторы в разных частях ствола будет различным.

Для проверки данной гипотезы мы построили три индексированных хронологии – по приросту в нижней части ствола (до 0,30 %), в средней (31–60 %) и в верхней (61–90 %) и верхушке (от 91 % высоты). Корреляция между хронологией по нижней и средней частям ствола равна 0,86; между хронологией по нижней и верхней частям ствола равна 0,49; между хронологией по средней и верхней частям ствола равна 0,67. Наблюдаются биологически объяснимые отличия в характере корреляции с климатическими показателями. При числе степеней свободы 9 и уровне доверительной вероятности 0,01 считаются достоверными коэффициенты корреляции от 0,74. Коэффициенты, превышающие эту величину, обнаружены для верхней хронологии с осадками и температурой июня, а также с осадками мая прошлого года. Представляет интерес распределение силы корреляции по высоте ствола (табл. 3). Расчет произведен за период 1990–2000 гг.

Очевидно, что клетки камбия в верхней части ствола наиболее страдают в условиях водного стресса, что и отражается на тесноте связи ширины кольца с температурой июня.

Т а б л и ц а 3

**Значения коэффициентов корреляции между индексами радиального прироста в разных частях ствола**

Часть ствола	Температура июня текущего года	Осадки июня текущего года
Нижняя	0,61	0,28
Средняя	0,73	0,53
Верхняя	0,78	0,86



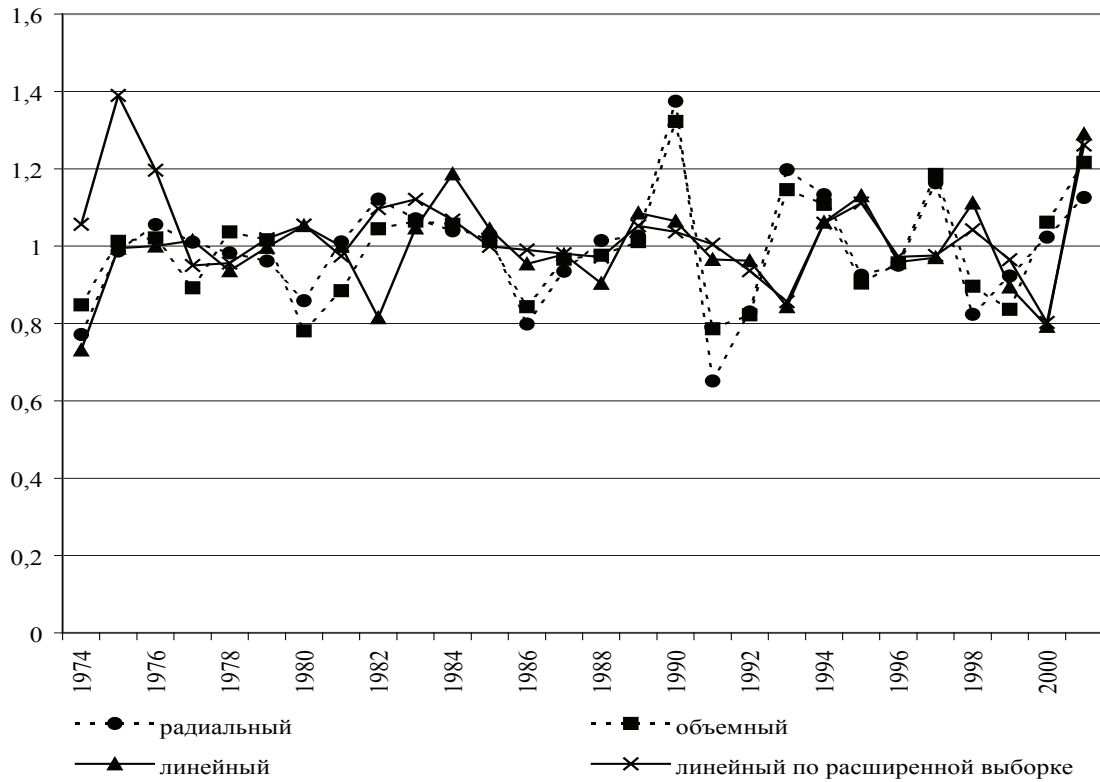


Рис. 3. Динамика индексов прироста для разных видов прироста

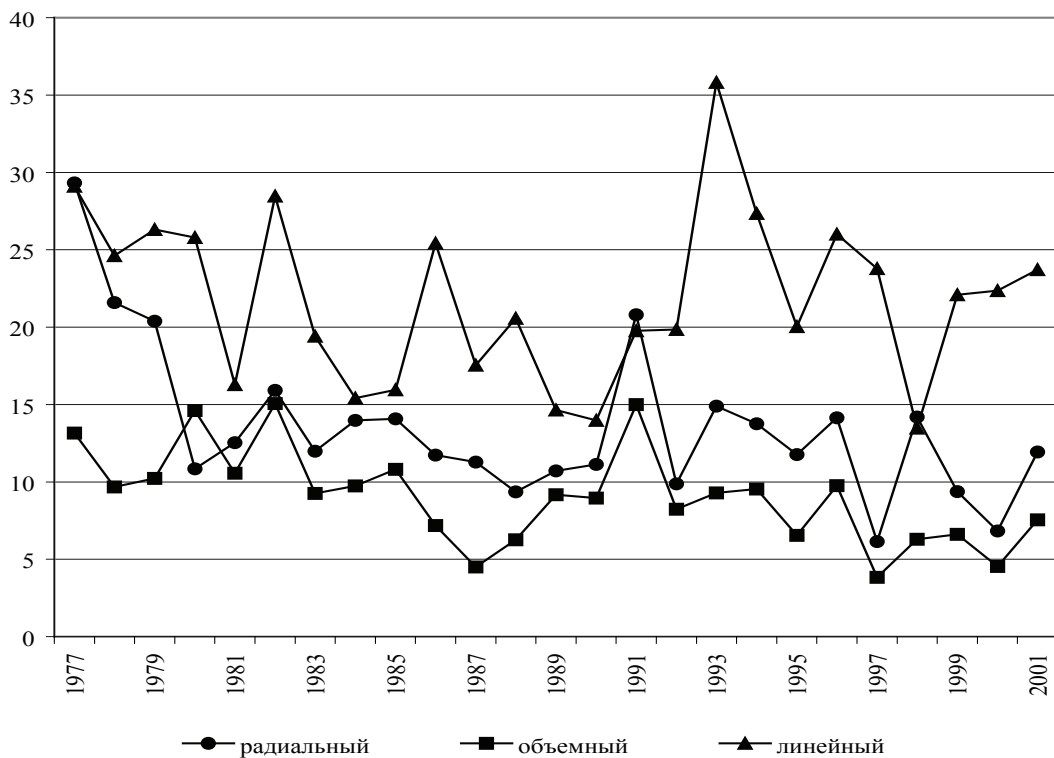


Рис. 4. Динамика коэффициента вариации индекса годичного прироста для разных видов прироста

Таким образом, ширина годичного кольца по мере увеличения высоты ствола меняется, и характер ее изменчивости под действием климатических факторов меняется также. Полученные данные делают еще более актуальным выяснение того, насколько колебания в хронологиях на основе ширин годичного кольца на высоте 1,3 м отражают колебания прироста древесины по объему ствола.

Сопоставление хронологий по разным видам прироста показывает, что колебания радиального прироста на высоте 1,5 м соответствуют колебаниям объемного прироста, тогда как динамика индексов линейного прироста существенно отлична (рис. 3). Это свидетельствует о разной природе варьирования данных показателей, но может быть и связано с более низкой точностью определения индекса линейного прироста ввиду его большего варьирования. Из рис. 4 видно, что коэффициент вариации годичного индекса прироста у линейного прироста для большинства лет выше, чем у радиального и объемного. Поэтому предположение о том, что динамика линейного прироста обуславливается иными, чем динамика радиального и объемного прироста, факторами может быть принято только после того, как будет показано, что форма кривой индексов линейного прироста не изменяется с увеличением объема выборки.

Для этого расчета были задействованы данные по модельным деревьям ели, для которых не были промерены годичные радиальные приросты. Как и до этого, в выборку не были включены модельные деревья высотой менее 10 м. Итого были задействованы данные по 47 деревьям. Полученная кривая

прироста от первоначальной существенно не отличается (рис. 3). Следовательно, отличия в динамике линейного прироста, с одной стороны, и радиального и объемного – с другой, не связаны с недостаточным объемом выборки для имеющего высокую вариацию линейного прироста, а обусловлены разнофакторной природой варьирования данных.

Результаты расчета коэффициентов корреляции между отраженными на рис. 7 хронологиями приведены в табл. 4.

Таким образом, колебания прироста по объему ствола отражаются адекватно колебаниям радиального прироста, тогда как колебания линейного прироста от года к году имеют иную природу изменчивости. Это говорит о том, что исследования влияния экологических факторов на продуктивность, выполненные на материале рядов радиального прироста, корректны.

Известно, что варьирование радиального прироста от года к году связано с варьированием погодных условий. Для выявления метеопараметров, влияющих на колебания продуктивности стволовой древесины, мы первоначально использовали канонический корреляционный анализ. При числе степеней свободы 25 и уровне доверительной вероятности 0,01 достоверными могут считаться значения коэффициента корреляции от 0,38. Хотя мы и работаем с индексированными значениями, но будем руководствоваться этим порогом для выявления наиболее значимых для прироста факторов, отдавая себе отчет в том, что не все влияющие на прирост метеопараметры нам удастся зафиксировать таким путем. Расчет произведен для временного интервала 1974–2000 гг. Данные расчета приведены в табл. 5.

Т а б л и ц а 4

**Значения коэффициентов корреляции между индексированными временными рядами по разным видам прироста**

Вид прироста	Радиальный	Объемный	Линейный	Линейный по расширенной выборке
Радиальный	1	–	–	–
Объемный	0,90	1	–	–
Линейный	0,18	0,23	1	–
Линейный по расширенной выборке	0,07	0,15	0,48	1

**Достоверные значения коэффициента корреляции между индексами радиального и объемного прироста и метеопараметрами**

Метеопараметр	Индекс радиального прироста	Индекс объемного прироста
Сумма осадков за май прошлого года	-0,25	-0,39
Сумма осадков за март текущего года	0,38	0,37
Сумма осадков за май текущего года	-0,40	-0,41
Сумма осадков за июль текущего года	-0,36	-0,44
Среднемесячная температура июля прошлого года	0,33	0,38
Среднемесячная температура июня текущего года	-0,51	-0,56

В результате выявлено, что для погодичных колебаний радиального и объемного прироста у подпологового возобновления ели наиболее значимы колебания температуры июня текущего года. Уравнение линейной регрессии по температуре июня описывает 32 % изменчивости индексов объемного прироста.

Изменение роста в высоту имеет большее значение для выживания дерева в конкурентной борьбе за свет. Как отмечал Г.Ф. Морозов, биологический смысл роста в высоту – вынести вершину для беспрепятственного пользования светом. Быстрота роста имеет большое значение при борьбе пород друг с другом как разных видов, так и в пределах одного вида, и экземпляры, наделенные большей индивидуальной силой роста, скоро приобретают господство над другими, которые при этом и переходят в разряд заглушенных и угнетенных.

Так как конкуренция осуществляется в первую очередь между соседями в пологе, а соседи у каждого свои, то становится очевидной причина большего варьирования линейного прироста по сравнению с радиальным и объемным. Если погодичная изменчивость последних обусловлена метеофакторами, действие которых одинаково для всех деревьев древостоя, то сила действия фактора конкуренции, влияющая на изменчивость линейного прироста, у каждого дерева своя. Индексы линейного прироста, рассчитанные как среднее по 47 моделям, не показали наличия достоверной корреляции с метеопараметрами.

**Основные выводы:**

1. У деревьев ели в подросте под пологом культур сосны динамика радиального прироста на высоте 1,5 м и объемного прироста ствола сходна. Динамика линейного прироста имеет иной характер.

2. Основное влияние на погодичную изменчивость объемного прироста оказывает температура июня текущего года, ее повышенные значения негативно сказывается на приросте ствола по объему.

3. Линейный прирост ствола в большей степени лимитирован эффектами конкуренции, чем колебаниями климатических факторов от года к году.

4. Тренды радиального прироста часто могут не соответствовать трендам объемного прироста даже по знаку.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (05-04-48614).

**Библиографический список**

1. Антонова, Г.Ф. Рост клеток хвойных / Г.Ф. Антонова. – Новосибирск: Наука, 1999. – 232 с.
2. Алексеев, А.С. Рост насаждений сосны обыкновенной на Северо-Западе Кольского полуострова в связи с возможными региональными изменениями окружающей среды / А.С. Алексеев, А.Р. Сорока // Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения: материалы международной конференции. – Т. 1. – Архангельск, 2002. – С. 273–278.
3. Ваганов, Е.А. Рост и структура годичных колец хвойных / Е.А. Ваганов, А.В. Шашкин. – Новосибирск: Наука, 2000. – 232 с.
4. Вомперский, С.Э. Основные принципы стационарных лесозоологических исследований / С.Э. Вомперский // Стационарные лесозоологические исследования: методы, итоги, перспективы: матери-

- алы и тезисы докладов международной конференции. – Сыктывкар, 2003. – С. 3.
5. Гутников, В.А. Мониторинг динамики годичных колец сосны обыкновенной в Москве / В.А. Гутников, В.Н. Страхова // Мониторинг состояния лесных и урбоэкосистем: тезисы докладов международной научной конференции. – М.: МГУЛ, 2002. – С. 70–73.
  6. Лакин, Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1973. – С. 343.
  7. Липаткин, В.А. Перекрестная датировка дендрохронологических рядов с помощью ПЭВМ / В.А. Липаткин, С.Ю. Мазитов // Экология, мониторинг и рациональное природопользование: науч. тр. – Вып. 288(1). – 1997. – С. 103–110.
  8. Меняйло, Л.Н. Гормональная регуляция ксилогенеза хвойных / Л.Н. Меняйло. – Новосибирск: Наука, 1987. – 184 с.
  9. Морозов, Г.Ф. Избранные труды / Г.Ф. Морозов. – М.: ВНИИЛМ, 2004. – 416 с.
  10. Николаев, Д.К. Динамика возобновления ели под пологом культур сосны / Д.К. Николаев, А.И. Гурцев, М.В. Рубцов // Лесоведение. – 1997. – № 6. – С. 30–36.
  11. Николаев, Д.К. Сопряженное развитие культур сосны и ели естественного происхождения под их пологом / Д.К. Николаев, Д.Е. Румянцев // Лесоведение. – 2004. – № 5. – С. 45–49.
  12. Рубцов, М.В. Формирование естественных ельников под пологом культур сосны на суглинистых почвах / М.В. Рубцов, Ю.Б. Глазунов, Ю.Г. Львов // Лесоведение. – 1999. – № 3. – С. 30–37.
  13. Шишов, В.В. Пространственно-временной анализ трендов прироста древесных растений для территории Сибири и Дальнего Востока за последние 250 лет / В.В. Шишов, В.А. Рубцов, С.Ф. Плешиков // Дендрохронология: достижения и перспективы: материалы совещания. – Красноярск, 2003. – С. 24.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫРАЩИВАНИЯ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР СОСНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА И ВОЗРАСТА ЛЕСОКУЛЬТУРНОГО МАТЕРИАЛА

М.М. МЕРЗЛЕНКО, *асп. каф. лесных культур МГУЛ*

**В** лесокультурном деле под видом лесокультурного материала подразумеваются семена древесных пород, а также посадочный материал. Последний может быть представлен выращенными в лесном питомнике сеянцами, саженцами и даже гейстерами (дважды перешколенными древесными растениями либо высокорослыми саженцами высотой более 1 м).

Лесные культуры сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) в практике искусственного лесовосстановления зоны смешанных лесов создавали как методом посева, так и методом посадки. Если в первом случае лесокультурным материалом служили семена, то во втором – сеянцы в возрасте от 1 до 3 лет и (реже) крупный посадочный материал в виде саженцев, имеющих возраст от 4-х до 6-ти лет. В некоторых (крайне редких) случаях использовали и гейстеры.

Анализируя многовековой практический опыт создания лесных культур сосны, нетрудно прийти к выводу о том, что чаще всего использовали сеянцы. Так, К.Ф. Тюрмер [6]

практиковал посадку 1–2-летних сеянцев, а посевы применяли крайне редко. Профессор В.Д. Огиевский [3] также отдавал предпочтение методу посадки, подчеркивая на основании экспериментов, что лучший рост сосны наблюдается в культурах, созданных посадкой однолетних сеянцев. Наряду с этим лесоводы прошлого фиксировали прекрасные искусственные молодняки, заложенные методом посева. В частности, проф. М.К. Турский [5] отмечал очень успешный рост культур сосны посевом в Никольской лесной даче Московской губернии. Ф.Х. Майер [2] высаживал сосну в 3–4-летнем возрасте. Будучи высажена в 6–7-летнем возрасте в 1 и более аршин (т.е. в 71 и более см), она всегда перестает расти года на 3 или 4. Современный опыт посадки гейстеров сосны в лесопарках Москвы тоже свидетельствует об их плохой приживаемости.

Исследования Н.П. Борисенко [1] показали, что культуры сосны, созданные 3–6-летними сеянцами требуют меньшего количества уходов, но приживаемость 3-летних

сеянцев колеблется от 24 до 90 %; приживаемость 4–6-летних сеянцев уже не превышает 32 %. Причина низкой приживаемости крупного посадочного материала заключается в том, что после выкопки его в питомнике у

крупномерных сосен создается невыгодное для посадки и приживания на лесокультурных площадях соотношение между надземной транспирирующей массой и всасывающим аппаратом корней [6].

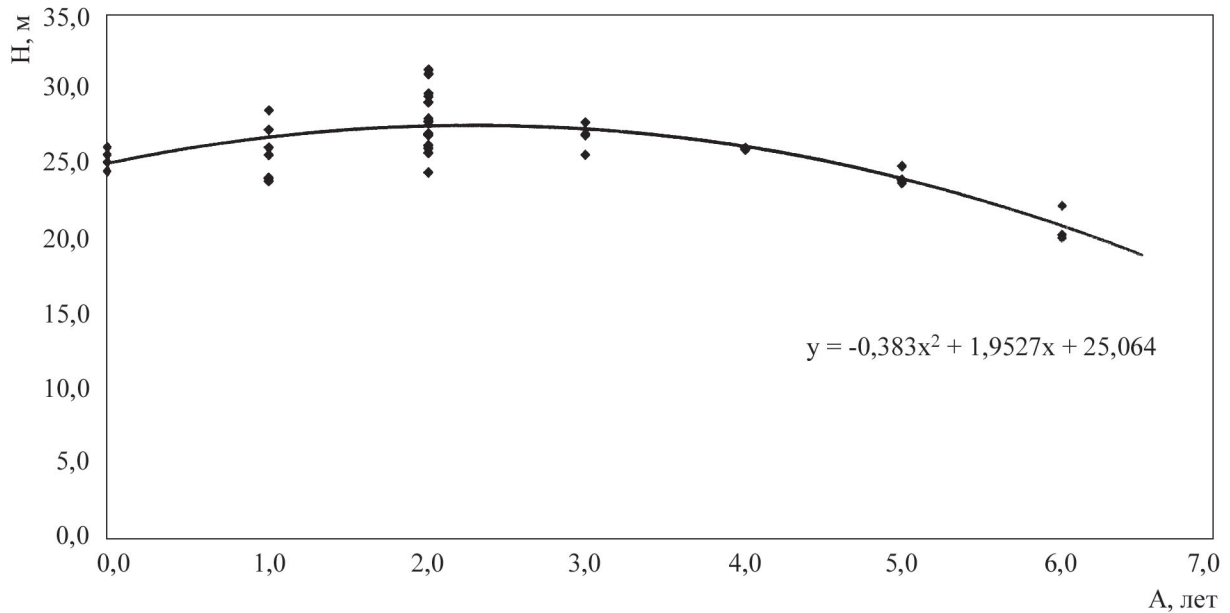


Рис. 1. Зависимость высоты 80-летних культур сосны от вида и возраста лесокультурного материала

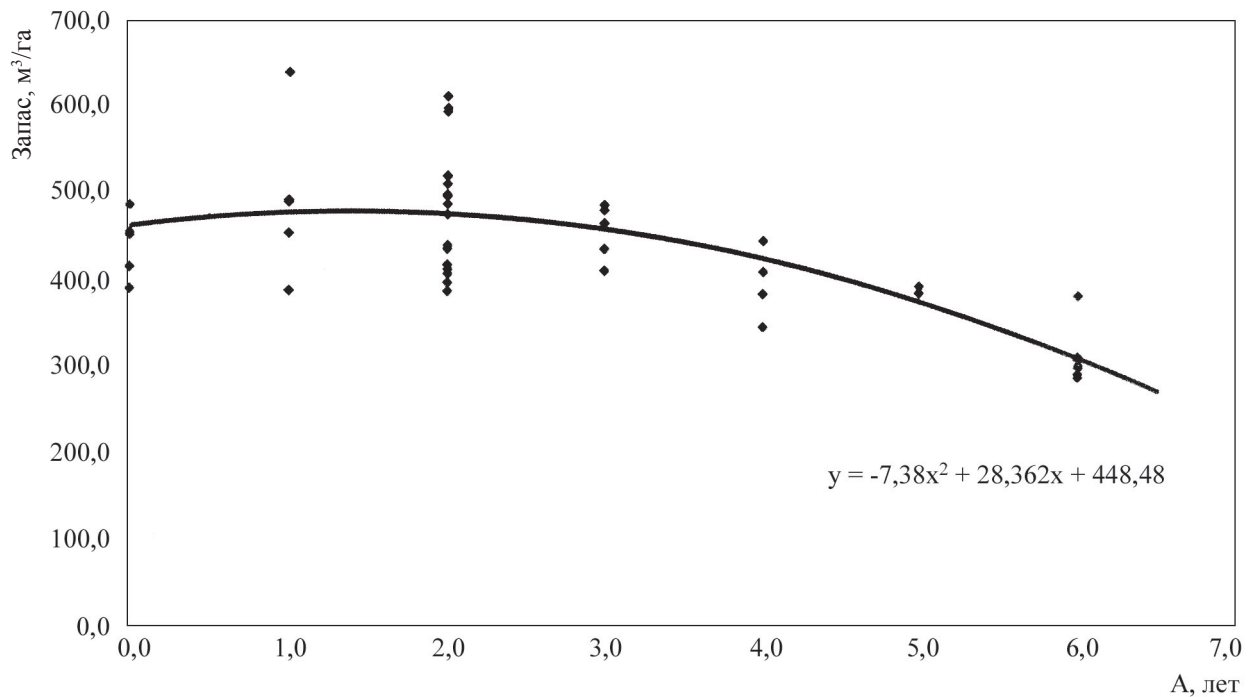


Рис. 2. Зависимость запаса 80-летних культур сосны от вида и возраста лесокультурного материала

Вместе с тем преимущество того или иного вида лесокультурного материала оценивалось, как правило, на ранних этапах роста и развития лесных культур. Однако в настоящее время богатый практический опыт лесокультурного дела в зоне смешанных лесов позволяет подвести итог результатам выращивания лесных культур сосны, созданных как разным видом, так и возрастом лесокультурного материала. Для этого нами в зоне смешанных лесов на основании 73 временных пробных площадей была сделана соответствующая лесоводственная оценка 80-летних искусственных насаждений сосны по их успешности роста и производительности. Диапазон исходного лесокультурного материала, использовавшегося в период закладки (создания) этих лесных культур, включал как метод посева (т.е. семена), так и метод посадки (т.е. посадку семян и крупномерного посадочного материала). Лесорастительные условия произрастания лесных культур соответствовали свежей простой субори (В2), т.е. это типичные свежие сосняки-черничники.

Результаты исследований (рис. 1, 2) засвидетельствовали в целом самый лучший лесоводственный эффект по культурам сосны, созданным в свое время 2-летними сеянцами. Допустимый предел использования лесокультурного материала, который дает получение высокоствольного соснового леса (со средней высотой не менее 25 м, что не ниже I класса бонитета), должен соответствовать сеянцам не старше 4-х лет, а также использованию кондиционных семян. Некоторое снижение средней высоты посевных культур по сравнению с участками самых лучших (созданных посадкой 2-летних сеянцев) объясняется эффектом несколько завышенной густоты стояния в культурах от посева.

Запас ствольной древесины (рис. 2) имеет пониженное значение на тех участках культур сосны, где возраст посадочного материала превышает 3 года. Именно на них в свое время была как худшая приживаемость, так и повышенный отпад, что привело в 80-летнем возрасте к пониженной густоте сто-

яния, которая не смогла реализовать экологический потенциал лесорастительных условий для максимального накопления ствольной древесины. Последнее успешно реализовали культуры сосны, заложенные 1 и 2-летними сеянцами, которые и следует признать классическим посадочным материалом для выращивания на его основе высокопродуктивных культур сосны в зоне смешанных лесов.



Рис. 3. Искусственный посевной сосняк в Никольской лесной даче

Крупномерный посадочный материал в возрасте 4 и более лет не оправдывает себя в современных условиях и с экономической точки зрения как более дорогостоящий. Что же касается метода посева, то он дает возможность создавать высокопродуктивные искусственные сосняки (рис. 3). Причем в последних стволы деревьев сосны имеют лучшее видовое число по сравнению со стволами из культур посадкой (соответственно 0,482 и 0,473). Метод посева не только создает условия для выращивания полнодревесных ство-

лов, но и дает более качественную древесную массу с высоким содержанием толстостенных поздних трахеид. Это указывает на то, что метод посева (ныне забытый) позволяет выращивать в свежих сосняках-черничниках зоны смешанных лесов высококачественную деловую древесину.

Кроме того, как показали наши исследования последних лет, у искусственных насаждений сосны, созданных методом посева, после 80 лет текущий прирост древесины имеет величину стабильно большую, нежели у культур посадкой. После 100-летнего возраста в насаждениях культур сосны от посева происходит формирование ряда более крупных экземпляров деревьев по толщине ствола. Все это является свидетельством наличия в культурах сосны посевом проявления свойств дендроценоза, отражающих потенциал повы-

шенной устойчивости с явной перспективой на долговечность таких древостоев.

### Библиографический список

1. Борисенко, Н.П. К вопросу применения крупномерного посадочного материала сосны в культурах / Н.П. Борисенко // Лесное хозяйство. – 1970. – № 12. – С. 40–42.
2. Майер, Ф.Х. Опыт сельского благоустройства, или полиции / Ф.Х. Майер. – М., 1835. – 372 с.
3. Огиевский, В.Д. Избранные труды / В.Д. Огиевский. – М.: Лесная пром-сть, 1966. – 356 с.
4. Родин, А.Р. Эффективность культур сосны и ели на вырубках зоны смешанных лесов / А.Р. Родин // Возобновление леса. – М.: Колос, 1975. – С. 175–194.
5. Турский, М.К. Об экскурсии в Никольскую лесную дачу Вознесенской мануфактуры / М.К. Турский // Отчеты Московского лесного общества за 1985 год. – М., 1987. – С. 117–139.
6. Тюрмер, К.Ф. Пятьдесят лет лесохозяйственной практики / К.Ф. Тюрмер. – М., 1891. – 182 с.

## ОСНОВЫ ВЕДЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА В ЛИПНЯКАХ ЦЕЛЕВОГО ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ

Р.Р. СУЛТАНОВА, доц. каф. лесоводства БашГАУ, канд. с.-х. наук

**О**пределение долгосрочной стратегии использования липняков (липа составляет 77,4 % медоносных угодий) в двух главных ресурсных направлениях – как источника древесины и в качестве самой продуктивной кормовой базы пчеловодства – является одной из задач лесохозяйственного производства. Выделение товарного и нектарного (пчеловодческого) направлений – яркое проявление дифференциации лесоводственной науки, опирающейся на интеграцию комплексных решений, в основе которых лежит функционально-целевая модель лесопользования. Эта модель, разработанная и обоснованная в ходе многолетних исследований липовых формаций, включает систему лесоводственных мероприятий, рассчитанных на предсказуемый эффект целенаправленного выращивания леса товарной и нектарной хозяйственных секций, повышения продуктивности и улучшения состояния всех его компонентов.

Качественные и количественные особенности развития насаждений (продукционные характеристики, возобновительные процессы, начало и продолжительность цветения липы и т.д.), наличие многообразных по структурным показателям древостоев, произрастающих в различных группах типов леса, обусловлены воздействием экологических факторов. Почвенно-климатические условия способствуют распространению липы по всей территории Республики Башкортостан: только в 7 из 63 лесхозов эта порода присутствует на площади менее 100–300 га. В зависимости от почв и от климата варьирует добротность условий местопроизрастания липняков от Ia до Va класса бонитета. Изменения климатообразующих факторов сопоставимы со спадами и подъемами в объемах медосбора по республике за 1910–2002 гг., достоверная связь существует между ежегодным коли-

чеством меда ( $Y$ , кг), собираемым пчелосемьей, и суммой температур за апрель–сентябрь ( $X$ , тыс. °C):  $Y = \exp(0,347 + 0,03778X)$ ,  $r = 0,505$ . На продуктивность лесных сообществ, помимо внешних факторов, оказывают влияние внутренние факторы – возрастной, видовой состав древостоя, что подтверждается изменением статистических величин таксационных показателей (среднеквадратического отклонения, коэффициента варьирования, асимметричности и многовершинности ряда распределения и т.д.). Продуктивность разновозрастных липняков выше одновозрастных одновидовых, биометрические показатели роста липы при смешении с елью значительно и достоверно превосходят показатели ее роста при смешении с другими древесными видами (березой, кленом, пихтой). Состав и возраст насаждений с выходом меда имеют наиболее тесную связь ( $r = 0,76 - 0,81$ ), близки к ним по значимости полнота, тип леса ( $r = 0,73 - 0,69$ ) и зависимость между эффективностью функционирования пасек и объемом рубок ухода.

Анализ связей между компонентами биосистем разного структурного уровня (деревьев, кустарников и трав) выявил, что взрослый древесный полог липы выступает как мощный преобразователь, создающий гетерогенную по условиям микроместообитания среду для жизнеобеспечения остальных ценозообразователей. Смягчение конкуренции со стороны древостоя, увеличение световых окон в древесном пологе ведут к повышению травяной биомассы. Зависимости фитомассы травяного покрова ( $Fg$ ) от полноты ( $P$ ), запаса ( $M$ ) и среднего диаметра ( $D$ ) в чистых древостоях липы II бонитета, VII-VIII класса возраста аппроксимируются уравнениями вида:

$$Fg = \exp(5,4874 - 1,2132P), r = -0,848 \pm 0,08;$$

$$Fg = \exp(2,3222 + 0,0914D), r = 0,822 \pm 0,09;$$

$$Fg = \exp(5,9777 - 0,0049M), r = -0,829 \pm 0,09.$$

Вырубка древостоя с первой вегетации меняет доминанты травяного яруса: максимално развитая под пологом липы сныть обыкновенная сменяется обильно развивающимся на вырубке иван-чаем узколиственным. Из 42 видов травянистых растений липняков

десять относятся к медоносам высокой нектаропродуктивности. Подлесок с куртинным сложением и различным возрастом куртин составлен главным образом из лещины обыкновенной, тяготеющей к более осветленным местам, и двух теневыносливых кустарников – жимолости обыкновенной и бересклета бородавчатого. При полноте древостоя ниже 0,6 фитомасса подлеска преобладает над фитомассой подроста, что связано с разрастанием лещины. Всего в подлесочном ярусе произрастает до 11 видов древесно-кустарниковых растений, количественно-видовая представленность которых определяется лесорастительной зоной: наибольшее видовое разнообразие характерно для лесостепной зоны. Вишня степная, жимолость, калина, лещина, малина, рябина, черемуха, шиповник иглистый входят в состав медоносных дикорастущих растений травяно-кустарникового покрова, составляющих 3,4 % медовых запасов. Однако многие из них не фиксируются формами учета лесного фонда, хотя и обеспечивают не только поддерживающих, но зачастую и главный медосбор.

Семенной подрост липы под пологом леса и на вырубках по всему региону встречается крайне редко. Главная причина отсутствия самосева, по мнению Н.И. Мушинской [2], заключается в массовой гибели семян до их прорастания из-за их глубокого физиологического покоя, для снятия которого требуется длительное пребывание семян в почве при благоприятной температуре и влажности. Другие причины – неустойчивость липы в стадии проростка и формирования всхода к фузариозу, массовая гибель сеянцев в первый вегетационный период от иссушения верхнего слоя почвы, поедания мышами и при перезимовке, что возможно предотвратить высевом проросших семян с заделкой их в почву в весенний период.

Вегетативное возобновление характеризуется неполночленным возрастным спектром с преобладанием ювенильных (до 5 лет) и иматурных (до 10–15 лет) порослевых особей пониженной жизненности, полным отсутствием порослевого виргинильного (до 20–35 лет) возрастного состояния.



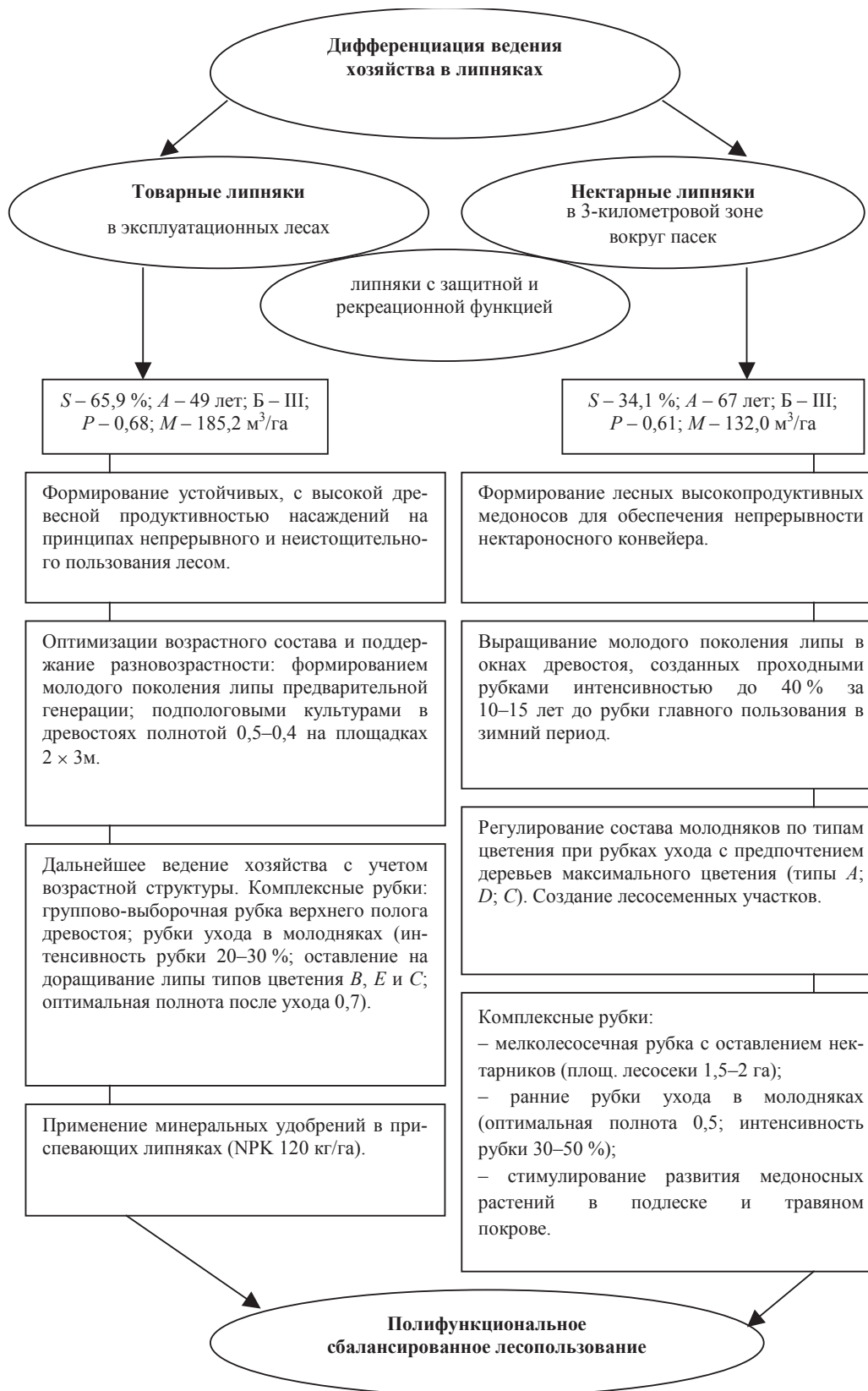


Рисунок. Система организационно-хозяйственных мероприятий по целевому лесопользованию в липняках:  $S$  – интенсивность рубки;  $A$ ,  $B$ ,  $D$ ,  $E$  – тип цветения;  $B$  – бонитет;  $P$  – полнота древостоя;  $M$  – запас

В пределах древесных пород, составляющих материнский полог, количество подроста липы ( $Y$ , тыс.экз./га) изменяется в зависимости от полноты древостоя ( $P$ ):  $Y = 174,38P^2 - 328,64P + 161,34$ , от подтипа почвы и типа леса. Благоприятными в отношении возобновления являются темно-серые и серые лесные почвы, где липа составляет 31–44 % от общего количества подроста. На черноземах выщелоченных и оподзоленных возобновление липы не превышает 7 %. По наличию возобновления под пологом приспевающих, спелых и перестойных липняков последнее место занимает снытьево-костяничниковый тип леса, у которого только на 57 % площади имеется подрост, в снытьевом типе подрост различных пород представлен на 98 % площади. Однако из них только 5 % по качественному состоянию обеспечат восстановление лесов хозяйственно-ценными породами. Устойчивое существование липы в древесных сообществах, нарушаемых рубками, определяется максимально развитой способностью этой породы к образованию пневого поросли. Рубку липы следует регламентировать по сезонам, принимая во внимание наибольшую возобновительную эффективность зимних рубок (36 тыс. экз./га). Поросль из спящих (превентивных) почек нормально образуется на пнях только весной после зимней рубки деревьев и до осени успевает одревеснеть.

Результаты экспериментальных исследований положены в основу модели формирования высокопродуктивных насаждений целевого пользования (рисунок). Практическим решением в обеспечении непрерывности и эффективности лесопользования при преобладании липняков в возрастной фазе спелого и перестойного леса (39,7 % площади липняков), отсутствии под пологом леса возобновления липы семенного происхождения, возрастной неполноценности вегетативной его части являются разновозрастные насаждения. Они не допускают разрыва в пользовании как в пространстве, так и во времени, удлиняют срок нектаровыделения: молодое поколение липы, находясь под пологом леса, зацветает и отцве-

тает значительно позже взрослого поколения. В связи с тем что максимальная нектаропродуктивность липы отмечается в 75–80 лет, после чего она постепенно падает, первый этап ухода целесообразно проводить в возрасте 55–60 лет (за 10–15 лет до рубки главного пользования), когда происходит резкое сокращение прироста годичной продукции. К этому возрасту рост деревьев в высоту практически прекращается. Основными носителями фитомассы и годичной продукции являются деревья ступеней толщины крупнее средней, у которых начинают разрастаться кроны [1]. Они в первый прием не вырубаются. Этот прием должен проводиться с достаточно высокой интенсивностью, особенно в высокополнотных насаждениях, с образованием окон от 0,02 до 0,1 га, которые восполняют недостаток света, необходимого для образования нектара, и служат пространством для формирования молодого поколения под пологом леса. Повышение нектарной продуктивности оставленных на доращивание после проходных рубок деревьев (в насаждении 7Лп2Е1В+Б, ед. Ос, 55 лет, полнотой до рубки 1,0) отмечено уже на второй год при высокой интенсивности рубок 30–40 %; интенсивность рубок 15–20 % на нектарную продуктивность значимого влияния не оказала. Цель проведения проходной рубки заключалась как в повышении нектаропродукции, так и в формировании под пологом леса, приближающегося к возрасту спелости, предварительного возобновления липы. Учитывая способность липы возобновляться пневым порослью наряду с елью, вязом, осиной и березой, на 1 га вырублено 163 ствола липы. На второй год порослевое возобновление липы составило 14,7 тыс. шт. на 1 га. При своевременном уходе за порослевыми гнездами в будущем 15-летнее поколение после рубки материнского древостоя придет ему на смену нектаропродуцирующим липняком, что подтверждают ранее проведенные опыты. Этап формирования липовых двухъярусных насаждений в цикле непрерывно продуцирующего нектароносного леса наиболее короткий – 10–15 лет.

Второй этап включает комплексные рубки, охватывающие оба поколения, где

одновременно с мелколесосечными рубками материнского полога производится уход за вторым поколением, сформированным первым этапом цикла. С 1994 г. начато проведение мелколесосечных рубок главного пользования (по методу Мурахтанова) с шириной лесосек 50–100–150 м, длиной не более 1000 м с оставлением 50–75–100 деревьев липы на 1 га, которые должны служить источником нектара до тех пор, пока через 20–25 лет не вступит в фазу цветения пневая поросль. По истечении этого срока оставленные деревья вырубаются. Опытные мелколесосечные рубки, проведенные с 1979 по 1983 гг. в учебно-опытном лесхозе (12 вариантов площадью от 0,5 до 3 га), из-за гибели оставленных семенников-нектарников и отсутствия благонадежного возобновления липы не обеспечили непрерывность нектароносного конвейера. Учитывая предельный возраст и возможность распада липняков, необходимость применения этих рубок в нектарной хозсекции оправдана, поскольку лесоводственная цель их – омоложение леса, обеспечение лесовозобновления, предотвращение разрыва в нектарном пользовании. Их результативность оказалась низкой из-за ряда причин, касающихся как технологии рубок, так и их выполнения. К ним относятся: отсутствие в «Правилах...» [4] лесоводственных требований к мероприятиям, способствующим формированию подроста предварительной генерации, последующего порослевого возобновления липы на вырубленных участках и уходу за ними; изначально высокий возраст материнского древостоя – 85–88 лет; затянувшийся при таком возрасте древостоя срок примыкания лесосек, установленный правилами рубок (20–25 лет); площадь лесосек более 2 га.

Мелколесосечные рубки должны проводиться на глубоких дренированных почвах площадью лесосек не более 1,5–2 га. На мелких почвах и в сырых лесорастительных условиях рекомендуется проведение добровольно-выборочных рубок, где площадь лесосеки определяется площадью таксацион-

ного выдела. Этот этап включает также систему мероприятий по сдерживанию развития нежелательных видов и стимулированию развития медоносных растений в подлеске и живом напочвенном покрове.

Первичные рубки ухода в молодняках – осветление и прочистка – должны способствовать раннему цветению деревьев. Первый прием осветления при отсутствии угрозы заглушения липы другими породами необходим после дифференциации деревьев по классам роста. В первый год лидер среди молодых деревьев в порослевом гнезде еще не проявляется, а восьмилетний возраст для проведения первого ухода запоздалый, поскольку раннее лесоводственное вмешательство значительно ослабит конкуренцию деревьев и уменьшит отпад. В «Наставлениях по рубкам ухода в лесах Урала» [3] отмечено о необходимости в липовых насаждениях, произрастающих в зоне пазух, оставлять 1–2 лучших ствола в порослевых гнездах во время проведения прореживаний и проходных рубок. В молодняках, в том числе в сформированных на вырубках осинников с небольшой примесью липы, установлена возможность формирования нектарных липняков осветлениями на второй год с удалением 50 % порослевин и дальнейшими прочистками в 10–11 лет высокой интенсивности (с оставлением в порослевом гнезде до 1–5 порослевин), в результате чего обильное цветение насаждений липы наблюдается с 12-летнего возраста.

В процессе этого этапа формируется молодое насаждение с единичными экземплярами первого поколения равномерно или куртинно расположенными по площади. В целях ускорения выхода молодых деревьев липы в основной ярус предпочтительны комплексные рубки продолжительностью около 15–20 лет.

Изменчивость деревьев липы, произрастающих в идентичных условиях среды, по интенсивности цветения привела к необходимости говорить об их разнокачественной нектароносной способности. На количестве соцветий в 1 м<sup>2</sup> кроны с указанием области наибольшей концентрации их в кроне вы-

делена шкала пяти типов цветения липы: от деревьев с явным преобладанием цветения (тип *A*) до слабого цветения (тип *B*). Для формирования хозяйственно-целевых насаждений при проходных рубках и прореживаниях проводится регулирование состава по типам цветения, когда предпочтение для выращивания отдается деревьям липы с максимальной интенсивностью цветения: типа цветения *A* – с абсолютным преобладанием количества цветков во всей кроне (на 1 м<sup>2</sup> кроны более 500 соцветий); типа цветения *C* – умеренно цветущим индивидуумам со средним цветением (100–200 соцветий в 1 м<sup>2</sup> в верхней половине кроны) и типа цветения *D* – деревьям с хорошим цветением, близким к обильноцветущим (200–500 соцветий в 1 м<sup>2</sup> в 3/4 кроны). Это сбежистые деревья с хорошо развитыми, низко опущенными кронами. При рубках наряду с вырубкой сопутствующих пород удаляются нецветущие экземпляры с единичными цветками или с полным отсутствием цветков (тип цветения *B*) и слабого цветения (тип *E*), близкие к нецветущему типу (50–100 соцветий в 1 м<sup>2</sup> в верхней четверти кроны), которые отмечаются в период цветения липы. Интенсивность рубки определяется полнотой насаждения, которая после проведения рубки не должна быть ниже 0,5–0,6. Этот этап может длиться 30–40 лет вплоть до формирования двухъярусных липовых древостоев. Затем цикл повторяется с той же последовательностью. Любой этап модели является входным каналом при формировании нектарных липняков высокой продуктивности. Таким образом, к показателям хозяйственной эффективности рубок в нектарных липняках относятся: интенсивное изреживание при осветлениях и прочистках, способствующее началу цветения в более раннем возрасте; регулирование состава для достижения преобладания хозяйственно-целевых с максимальным нектаровыделением деревьев; поддержание непрерывного процесса нектаропроизводства подготовкой благонадежного возобновления предварительной генерации за 10–15 лет до рубки главного пользования.

В товарных липняках своевременное изреживание одновозрастных древостоев ведет к резкому увеличению прироста оставшейся части: проходная рубка интенсивностью 30 % за пять последующих лет привела к увеличению стволовой древесины, в два раза превышающей прирост на контрольной секции. Полнота средневозрастных и приспевающих насаждений товарной хозсекции должна составлять не ниже 0,7. При формировании товарных липняков оставляются на доразращивание малоцветущие и нецветущие экземпляры при удалении обильноцветущих. Учитывая высокую производительность разновозрастных елово-липовых древостоев, целесообразно использование их в системе ведения хозяйства в лесах зеленой зоны и лесах товарного пользования. На сохранность, высоту и диаметр предварительных культур ели обыкновенной под пологом липы влияют способ посадки и полнота верхнего яруса: максимальные показатели роста отмечены у культур ели под пологом древостоев полнотой не выше 0,4–0,5 при посадке в площадки размером 2 × 3 м.

Разновозрастная организация лесных насаждений рекомендуется для реконструкции и создания липовых ценозов с последующим целевым формированием сбалансированных непрерывно продуцирующих лесов товарной и нектарной хозяйственных секций с одновременным повышением их продукционных показателей.

#### Библиографический список

1. Габделхаков, А.К. Эколого-лесоводственные основы формирования высокопродуктивных липняков / А.К. Габделхаков и др. – Уфа: МЛХ РБ, 1998. – 190 с.
2. Мушинская, Н.И. Экология семенного размножения клена остролистного и липы мелколистной в Башкирском Предуралье / Н.И. Мушинская: автореф. дис. ... канд. с-х. наук. – Свердловск, 1977. – С. 15–20.
3. Наставления по рубкам ухода в лесах Урала. – М.: Институт леса УрО РАН, ВНИИЛМ, 1994. – 100 с.
4. Правила рубок главного пользования в липняках в зоне стационарных пасек Республики Башкортостан. – Уфа: МЛХ РБ, 1994 – 3 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ НАГРУЗОК НА КОЛХИДСКИЕ ЛЕСА

В.М. ИВОНИН, проф. каф. экологии и лесных мелиораций Новочеркасской ГМА, д-р с.-х. наук

Колхидские леса Западного Кавказа являются местами концентрации эндемичных и реликтовых видов, сохранившихся с доледниковых времен. Эти убежища древней флоры (и частично фауны) составляют один из двух рефугиумов нашей страны.

Первый ярус колхидских лесов образуют: дуб скальный (*Quercus petraea* L. er. Liebl.), граб кавказский (*Carpinus caucasica* Mill.), каштан посевной (*Castanea sativa* Mill.), клен полевой (*Acer campestre* L.), бук восточный (*Fagus orientalis* Lip.) и др.

Второй ярус представлен самшитом колхидским (*Buxus colchica* Pojark), а подлесок – иглицей колхидской (*Ruscus colchicus* P.F. Yeo) и понтийской (*R. Woronow* ex Grossh.), падубом колхидским (*Ilex colchica* Pojark.), лавровишней лекарственной (*Laurocerasus officinalis* M. Roem.) и др. реликтами.

В травянистом покрове участвуют: плющ колхидский (*Hedera colchica* C. Koch.), листовник сколопендровый (*Phyllitis scolopendrium* (L.) Newn. или *Asplenium scolopendrium* L.), окопник крупноцветковый (*Symphytum grandiflorum* Д С), трахистемон восточный (*Trachystemon orientalis* (L.) G. Don fil или *Nordmannia orientalis* (L.) Stev), тамус обыкновенный (*Tamus communis* L.), тайник овальный (*Listera ovata* (L.) R. Br.) и др. реликты.

Колхидские леса занимают ущелья временных водотоков, ручьев и речек с каскадами водопадов, водоскатов и порогов. Здесь покрытые мхами деревья самшита перевиты обвойником греческим (*Periploca graeca* L.), плющом колхидским и др. лианами. С отвесных скал, покрытых мхами, свисают папоротники и стебли плюща. Скальные полки заселены деревцами самшита, покрытыми мхами и лишайниками.

Все это создает рекреационную привлекательность колхидских лесов, которые испытывают чрезмерные антропогенные нагрузки. При этом не обнаружено каких-либо

нормативов по рекреационным нагрузкам колхидских лесов, деградация которых активизировалась в последнее время. Это послужило обоснованием для проведения наших исследований (2004–2005 гг.) на территории Сочинского национального парка (СНП).

Объектом исследований явился наиболее популярный рекреационный объект СНП – «33 водопада» урочища Джегош Головинского лесничества.

Протяженность ручья урочища «Джегош» равна 2 км, площадь водосбора – 1,3 км<sup>2</sup>. высшая точка бассейна – гора Колокольная (832 м над у. м.), низшая – 60 м. На расстоянии 750 м от устья ручей представляет собой каскад 33-х водопадов, 7-и водоскатов и 13-и порогов. Приближенная отметка верхнего водопада – 220 м, нижнего – 70 м [5].

Леса урочища Джегош охарактеризованы по данным закладки пробной площадки тренировочного вида согласно ОСТ 56–69–83 [3]. Опыт проведен на вариантах моделирования рекреационной плотности в лесу, а также на участке тропы по методике В.М. Ивонина и др. [2].

Рекреационная плотность ( $R_d$ , чел./га) – это единовременное количество посетителей вида лесной рекреации на единице площади за период измерения [4].

Для каждого варианта рекреационной плотности заложили пару одинаковых площадок, каждая размером 1,42 × 0,7 м. На одной из них выполнили дождевание и определили эрозию почв [2], на другой отобрали образцы напочвенного покрова. Верхний слой бурых лесных глинистых почв урочища «Джегош» исследован нами ранее [1].

К нижнему водопаду (высотой около 10 м) примыкает ландшафтная поляна (квартал 39, выдел 34) с рекреационной инфраструктурой (кафе, рынок, музей природы и др.) Во всех кафе, обслуживающих экскур-

сантов объекта «33 водопада», насчитали 590 посадочных мест.

Данные расчета рекреационной посещаемости ландшафтной поляны приведены в табл. 1.

По данным табл. 1, рекреационная посещаемость ландшафтной поляны равна 175 тыс. чел./год. С учетом коэффициента познавательных потребностей посетителей ( $K_{п} = 0,9$ ) рекреационная посещаемость объекта «33-и водопада» составит 158 тыс. чел./год (часть экскурсантов не посещает объект, оставаясь на ландшафтной поляне и пользуясь услугами обслуживания).

Наши расчеты практически совпадают с данными мониторинга СНП рекреационного объекта «33 водопада», по которым общее количество экскурсантов составило: в 2003 г. – 118 тыс.; в 2004 г. – 156 тыс.

На рекреационном объекте в долине ручья оборудована закольцованная тропа

(длиной 580 м) в виде трапов с перилами, мостиков, смотровых площадок на водопады, водоскатов, порогов, чаш воды и колхидской растительности. Тропа подразделена на 34 участка (отрезка) с крутизной подъема, достигающей 33° и спуска – 35°. Это тропа относится к деревянному типу и досочно-плаховому подтипу [1].

Все посетители (158 тыс. чел./год) проходят по деревянной тропе, существенно не воздействуя на окружающие ландшафты.

Однако в месте закольцовывания деревянной тропы поток рекреантов раздваивается: одни посетители начинают спуск по противоположному берегу долины, другие – продолжают подъем вверх по долине ручья, минуя вертикально-скально-ступенчатый уступ высотой 1,3 м и вступая на участок «дикий» тропы, состоящий из утопанных грунтовых, оттопанных корневых и скально-ступенчатых отрезков колхидского леса.

Т а б л и ц а 1

**Рекреационная посещаемость (емкость) ландшафтной поляны объекта «33 водопада» СНП**

Сезон	$M$ , чел.	$K_3$	$T_c$ , дни	$t_1$ , с	$t_2$ , час.	$K_{см} = t_1/t_2$	$Re$ , чел./сезон
Лето	590	0,50	90	2	8	4	106200
Весна и осень	590	0,15	180	2	8	4	63720
Зима	590	0,10	30	2	6	3	5310
Год							175230

Примечание:  $M$  – количество человек на посадочных местах в кафе, обслуживающих рекреационный объект;  $K_3$  – коэффициент заполняемости посадочных мест;  $T_c$  – продолжительность сезона, дни;  $t_1$  – среднее время одного посещения за сезон, час;  $t_2$  – продолжительность приема посетителей в течение дня, час;  $K_{см}$  – коэффициент сменяемости посетителей;  $Re = M \cdot K_3 \cdot T_c \cdot K_{см}$  – рекреационная посещаемость ландшафтной поляны, чел./сезон (год).

Т а б л и ц а 2

**Таксационная характеристика колхидского леса на участке «дикий» тропы**

Квартал; выдел площадь, га	Состав, склон	Элемент леса	Возраст, лет	Средние		Класс бонитета	Полнота	Запас, м <sup>3</sup>	
				$H$ , м	$d$ , см			на 1 га	по породам
39;24 0,6	10 СМ 5ДС4Г1КЛП, ВЭ, 30°	СМ		6	7	III	0,6 0,3	40	40
		ДС	120	24	62			360	200
		Г	140	18	30				150
		КЛП		15	22				10

Примечание: СМ – самшит колхидский, ДС – дуб скальный, Г – граб кавказский, КЛП – клен полевой.

Этот исследуемый, наиболее посещаемый (без регистрации экскурсантов), участок «дикой» тропы имеет длину 218 м и ширину в пределах от 0,45 до 4 м (особо опасен отрезок длиной 18 м, представленный ступенями оттоптаных корней вдоль каньона, обрывающегося к ручью). Крутизна подъема на отдельных отрезках «дикой» тропы достигает 36°, спуска – 13°. В дальнейшем (вплоть до верхнего водопада) «дикая» тропа посещается только любителями экстремального отдыха.

Таксационная характеристика колхидского леса, тяготеющего к исследуемому участку «дикой» тропы, приведена в табл. 2.

Под пологом колхидского леса имеется средний ( $h = 0,5 - 1$  м) и мелкий ( $h < 0,5$  м) подрост самшита в количестве до 6 тыс. шт./га. В состав вечнозеленого подлеска входит иглица колхидская.

Травянистую растительность (особенно по опушкам) представляют: тамус обыкновенный, листовник сколопендровый, трахистемон восточный, тайник овальный, плющ колхидский, окопник крупноцветковый, а также щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas* (L.) Scholl.) и др. виды папоротников.

Данные по динамике лесной подстилки (ЛП) и живого напочвенного покрова (ЖНП) на вариантах опыта приведены в табл. 3.

На контрольном варианте общая воздушно-сухая масса ЛП и ЖНП составила 3,97 т/га, в т.ч. масса живого напочвенного покрова – 0,77 т/га (окопник крупноцветковый – 0,12; трахистемон восточный – 0,33; плющ колхидский – 0,08; листовник сколопендровый – 0,14; тайник овальный – 0,05, тамус обыкновенный – 0,01 и др. виды – 0,04 т/га).

При рекреационной плотности 1 чел./га (вар. 2) общая масса ЛП и ЖНП уменьшилась до 1,02 т/га, в т.ч. ЖНП – до 0,12 т/га (окопник – 0,01; трахистемон – 0,05; плющ – 0,04; листовник – 0,02 т/га).

При рекреационной плотности 3 чел./га и более лесная подстилка и живой напочвенный покров были полностью уничтожены.

На участке леса, тяготеющего к дикой тропе, подлесок составляет иглица колхидская, а ЖНП – плющ колхидский и мох. При рекреационной плотности 0,5 чел./га (вариант 9) воздушно-сухая масса иглицы составляет 0,42 т/га, плюща – 0,14 и мха – 0,04 т/га.

Увеличение рекреационной плотности до 1 т/га (вар. 10) привело к уменьшению массы иглицы до 0,1 т/га. Плющ при этом был полностью уничтожен, а масса мха не изменялась (0,05 т/га).

Т а б л и ц а 3

**Воздушно-сухая масса ЛП и ЖНП, сток и эрозия почв на вариантах опыта (слой дождя 90 мм, интенсивность – 3 мм/мин)**

Вариант	Склон		ЛП + ЖНП, т/га	Сток, мм	Коэффициент стока	Интенсивность, мм/мин		Эрозия почв, т/га	
	экспликация	крутизна, град				впитывания	стока	механическая	при ливне
Лес, не посещаемый экскурсантами (контроль)	В	24	3,97	0	0	3,00	0	0	0
То же, $Rd = 1$ чел./га	В	26	1,02	68,6	0,762	0,65	2,20	0	2,58
-//-3 чел./га	В	31	0,20	80,0	0,889	0,31	2,56	14	5,30
-//-5 чел./га	В	26	0	87,0	0,967	0,10	2,89	17	3,93
-//-7 чел./га	В	34	0	88,7	0,985	0,04	2,84	24	4,73
-//-9 чел./га	В	30	0	88,0	0,978	0,06	2,79	26	8,60
-//-11 чел./га	В	21	0	89,9	0,999	0,003	2,83	23	7,05
Грунтовый участок «дикой» тропы	СВ	17	0	89,4	0,993	0,019	2,88	следы	12,37
Лес, тяготеющий к «дикой» тропе $Rd = 0,5$ чел./га	С	25	3,00	11,9	0,132	2,54	0,40	то же	0,35
То же, $Rd = 1$ чел./га	С	28	2,15	39,5	0,439	1,61	1,28	-//-	1,31

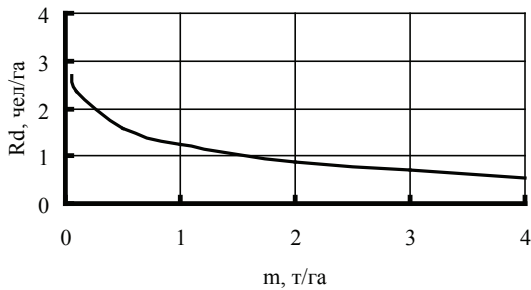


Рис. 1. Связь рекреационной плотности ( $Rd$ , чел./га) с воздушно-сухой массой ЛП и ЖНП ( $m$ , т/га)

Процесс деградации ЛП и ЖНП под влиянием рекреационных нагрузок характеризуется уравнением

$$Rd = 1,228 - 0,493 \ln(m) \quad (1)$$

при  $r = 0,915 \pm 0,054$ ,

где  $m$  – воздушно-сухая масса ЛП и ЖНП, т/га;

$r$  – коэффициент тесноты связи.

Графическое решение уравнения (1) приведено на рис. 1.

По данным рис. 1, сохранность ЛП и ЖНП обеспечивается при  $Rd \leq 0,5$  чел./га. Резкое уменьшение ЛП и ЖНП происходит при рекреационных нагрузках свыше 1 чел./га. Полагая, что допустимая масса ЛП и ЖНП должна составлять не менее 60 % от исходной (контрольный вариант), по уравнению (1), допустимая рекреационная плотность  $Rd_{\text{доп}} = 0,8$  чел./га.

Деградация напочвенного покрова по мере возрастания рекреационных нагрузок сопровождается ухудшением водно-физических свойств слоя почв 0–20 см.

Так, на грунтовой тропе плотность сухой почвы равняется  $1,27 \text{ г/см}^3$ , пористость – 49,6 %, коэффициент пористости – 0,987. В лесах, посещаемых рекреантами ( $Rd = 0,5$  ч 1 чел./га), эти характеристики соответственно составили  $1,16 \text{ г/см}^3$ , 54,1 % и 1,160, а на контрольном участке леса –  $1,10 \text{ г/см}^3$ , 56,3 % и 1,290.

Данные по формированию стока на этих почвах (табл. 3) показывают, что с возрастанием рекреационной плотности увеличиваются коэффициенты стока и его интенсивность и уменьшаются интенсивности впитывания осадков.

Перед проведением экспериментов в ночь на 4.VI.05 г. выпало большое количество осадков, и влажность верхнего слоя почв была близка к предельной полевой влагоемкости. Несмотря на это, сток при дождевании на контрольном варианте отсутствовал.

При нагрузке 1 чел./га (вар. 2) большая часть ЛП и ЖНП была втоптана в почву и замазана грязью. При этом на площадке возникли бугорки, вытянутые поперек падения склона. Сток начался через 1,5 мин после начала дождя в виде мелких ручейков. В микропрудках перед бугорками образовались лужицы воды. Через 10 мин после начала дождя на поверхности отмываются листья, втопанные в почву, и бугорки исчезли. Мутность стекающей воды при этом снизилась. На 20-й мин дождевания серия ручейков сосредоточилась в двух ручьях, но мутность стока не увеличилась. Слой стока составил 68,6 мм, а время добегания (дотекания) воды после прекращения дождя равнялось 2 мин 42 с, средняя мутность стока – 3,76 г/л.

На вар. 3 (рекреационная плотность 3 чел./га) ЛП была полностью вытоптана, а ЖНП сохранился лишь в виде фрагментов. Поверхностный слой почвы под воздействием «шаговой» нагрузки был сдвинут в террасовидные «оплывины». Сток начался через 30 с после начала дождя. На 5-й мин на поверхности возникли три микроруслу сточной воды.

Через 15 мин после начала дождя на поверхности стали отмываться фрагменты ЖНП и ЛП в количествах меньших, чем на предыдущем варианте. У водоприемного лотка площадки образовался слой наносов. Слой стока равнялся 80 мм, время добегания стока – 1 мин 48 с, средняя мутность – 6,63 г/л.

На вар. 4 (нагрузка 5 чел./га) поверхность площадки была вытоптана с образованием террасовидных «оплывин». Сток начался через 15 с после начала дождя в виде сплошной пелены воды с постоянной мутностью (4,52 г/л). На 25-й мин на поверхности отмывалась сплошная сеть мелких корешков. Слой стока составил 87 мм, время добегания – 1 мин 23 с.



При рекреационной плотности 7 чел./га (вар. 5) сток возник через 10 с после начала дождя. Вода в лоток поступала равномерным слоем. На 15-й мин на поверхности дождевания отмылись корешки трав, что снизило мутность сточной воды. На 25-й мин в середине площадки отмылся овальный камень. Сток равнялся 88,7 мм, время добегания – 1 мин 24 с, средняя мутность – 5,33 г/л.

При рекреационной нагрузке 9 чел./га (вар. 6) площадка была вытоптана полностью. На ее поверхности были оттоптаны два корня самшита, один из них под углом 45° к продольной оси площадки. Сток образовался через 6 с после начала дождя и стал поступать в лоток равномерным слоем с высокой мутностью. Сеть мелких корешков, отмытых на поверхности через 7 мин дождевания, способствовала снижению мутности. На 20-й мин перед лотком стал откладываться мелкозем. Слой стока составил 88 мм, время добегания воды – 1 мин 37 с, средняя мутность – 9,77 г/л.

При рекреационной плотности 11 чел./га (вар. 7) поверхность почвы была равномерно вытоптана. В верхней части площадки был оттоптан корень самшита. Сток возник через 10 с после начала дождя. На 15-й мин в нижней части площадки образовался конус выноса. Сток в лоток поступал равномерным слоем весь период дождя. Его слой равнялся 89,9 мм, время добегания – 2 мин 04 с, средняя мутность – 7,84 г/л.

На участке «дикий» тропы (вар. 8) поверхность была сильно утоптана. Однако на уплотненной поверхности обувью рекреантов был нанесен гумусовый слой почвы с лесного участка, тяготеющего к тропе. В верхней части площадки был обнажен скальный обломок. Сток возник через 6 с после начала дождя с высокой мутностью. Однако на 14-й мин мутность заметно снизилась (к этому времени нанесенный на поверхность тропы гумусовый слой был полностью смыт). Сток формировался в виде плоского слоя воды (89,4 мм). Средняя мутность стока равнялась – 13,84 г/л.

В лесу, тяготеющем к «дикий» тропе, при рекреационной нагрузке 0,5 чел./га (вар. 9) подстилка была частично сдвинута вниз по склону, а поверхность почвы слегка уплотнена под шагами экскурсантов. На поверхности сохранились 3 растения иглицы, 2 – плюща, а также мхи. Сток возник через 1 мин после начала дождя и продолжался с постоянной низкой мутностью и расходом. Слой стока равнялся 11,9 мм, время добегания – 42 с, средняя мутность – 2,93 г/л.

На вар. 10 (нагрузка 1 чел./га) на поверхности площадки находились 1 растение иглицы и мох у основания граба в верхней части площадки. Здесь же частично сохранилась лесная подстилка. Сток образовался через 2 мин после начала дождя. Слой его равнялся 39,5 мм, время добегания стока – 1 мин 16 с, средняя мутность – 3,33 г/л.

Связи рекреационных нагрузок с коэффициентами стока ( $S$ ) и интенсивностями впитывания осадков ( $I_b$ , мм/мин) представлен в виде

$$Rd = 6,92 S - 25,64 S^2 + 26,75 S^3$$

при  $r = 0,917 \pm 0,053$ ; (2)

$$Rd = 1,66 - 1,7 \ln(I_b)$$

при  $r = 0,960 \pm 0,026$ . (3)

Графические решения уравнений (2) и (3) приведены на рис. 2.

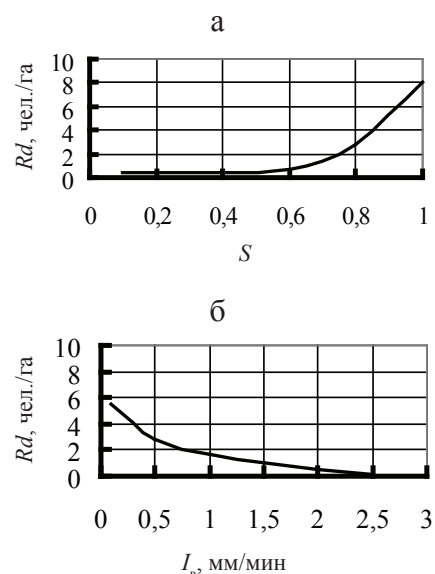


Рис. 2. Связь рекреационной плотности ( $Rd$ , чел./га): а – с коэффициентами стока ( $S$ ); б – с интенсивностью впитывания ( $I_b$ , мм/мин)

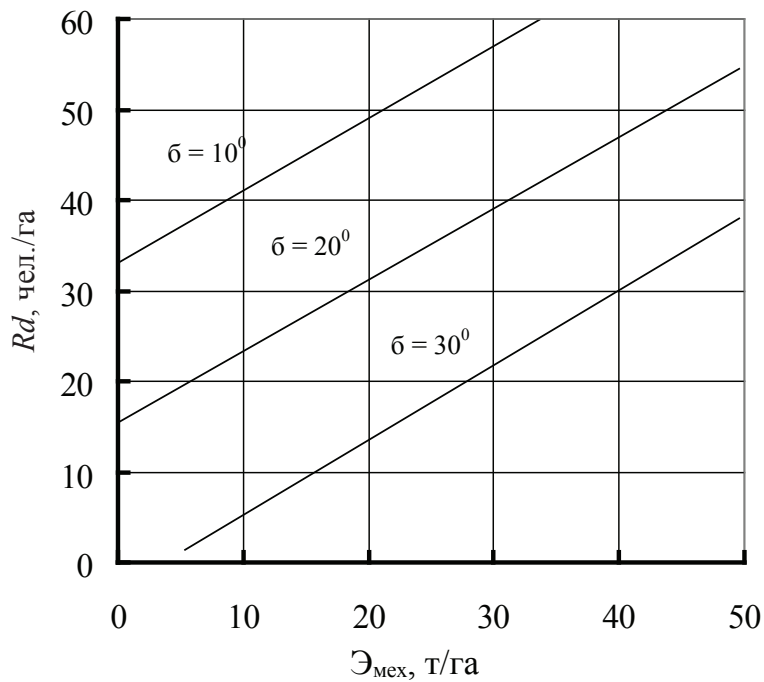


Рис. 3. Связь рекреационной плотности ( $Rd$ , чел./га) с механической эрозией ( $\mathcal{E}_{\text{мех}}$ , т/га), крутизной ( $\alpha$ , град.) склона

По данным рис. 2а, при ливнях коэффициенты стока в пределах от 0,1 до 0,8 вызываются рекреационными нагрузками от 0,4 до 2,8 чел./га. При дальнейшем увеличении рекреационных нагрузок коэффициенты стока резко возрастают. Это происходит в связи с уменьшением интенсивности впитывания осадков (рис. 2б) уплотненными почвами с деградирующей массой ЛП и ЖНП.

Результаты наблюдения за эрозией почв (табл. 3) показали, что на вариантах опыта проявляется так называемая механическая эрозия, в процессе которой поверхностный слой почвы передвигается вниз по склону (за пределы стоковых площадок) под воздействием «шаговой» нагрузки.

Анализ полученных данных привел к соотношению

$$Rd = 0,9 \mathcal{E}_{\text{мех}} - 2,1 \alpha + 50,8$$

при  $R = 0,860 \pm 0,098$ , (4)

где  $\mathcal{E}_{\text{мех}}$  – механическая эрозия, т/га;  
 $\alpha$  – крутизна склона, град.;

$R$  – коэффициент множественной корреляции.

Графическое решение уравнения (4) приведено на рис. 3.

По данным рис. 3, на склонах первой группы крутизны ( $\alpha \leq 10^\circ$ ) механическая эрозия не наблюдается даже при очень высоких рекреационных нагрузках ( $Rd \leq 31$  чел./га); на склонах второй группы крутизны ( $\alpha = 11 \div 20^\circ$ ) механическая эрозия возможна при  $Rd > 11$  чел./га; на склонах третьей группы крутизны ( $\alpha = 21 \div 30^\circ$ ) механическая эрозия (свыше 12 т/га) возникает при самых незначительных рекреационных нагрузках.

В ущельях ручьев, рек и временных водотоков колхидские леса произрастают на склонах второй, третьей и четвертой групп крутизны. Рекреантам доступны склоны крутизной до  $30^\circ \div 35^\circ$ . Малейшие рекреационные нагрузки на эти склоны вызывают механическую эрозию почв.

Связь рекреационной плотности с эрозией почв при ливнях на склонах различной крутизны характеризуется уравнением множественной регрессии

$$Rd = 1,44 \mathcal{E} - 0,89 \alpha + 22,98$$

при  $R = 0,474 \pm 0,258$ , (5)

где  $\mathcal{E}$  – эрозия почв при ливнях, т/га.

Уравнение (5) по своей структуре соответствует уравнению (4). Однако множественная связь уравнения (5) менее тесная.

Поэтому его можно использовать лишь для определения общей тенденции возрастания эрозии почв по мере увеличения рекреационной нагрузки и крутизны склонов.

Более тесной оказалась парная связь рекреационной плотности с эрозией почв при ливнях, что отражено соотношением

$$Rd = -0,44 + 1,22 \mathcal{E} \text{ при } r = 0,900 \pm 0,063. \quad (6)$$

Подставляя в зависимость (6) допустимое значение эрозии почв для буроземов (по [1],  $\mathcal{E}_{\text{доп.}} = 1 \text{ т/га}$ ), получили допустимое значение рекреационной плотности для колхидских лесов  $Rd_{\text{доп.}} = 0,8 \text{ чел./га}$ .

Это значение соответствует допустимой рекреационной плотности, вычисленной по воздушно-сухой массе ЛП и ЖНП (рис. 1).

В этих лесах эрозия почв при ливнях в основном определяется величиной поверхностного стока и интенсивностью впитывания осадков, что характеризуется уравнениями

$$\mathcal{E} = S / (0,71 - 0,57 S) \text{ при } r = 0,890 \pm 0,069; \quad (7)$$

$$\mathcal{E} = 6,31 - 4,96 I_{\text{в}} + 0,98 I_{\text{в}}^2 \text{ при } r = 0,980 \pm 0,013. \quad (8)$$

Графическое решение уравнений (7–8) приведено на рис. 4.

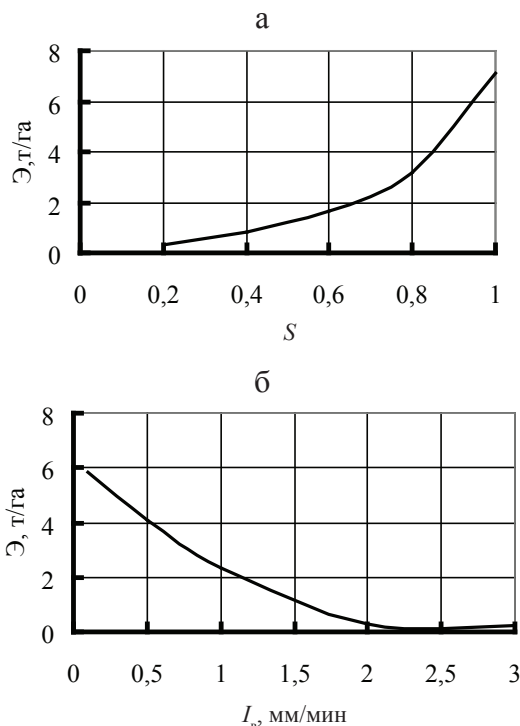


Рис. 4. Связь эрозии почв при ливнях ( $\mathcal{E}$ , т/га): а – с коэффициентами стока ( $S$ ); б – с интенсивностью впитывания ( $I_{\text{в}}$ , мм/мин)

По данным рис. 4, коэффициенты стока и интенсивности впитывания криволинейно связаны с эрозией почв. Эти кривые аналогичны связям коэффициентов стока и интенсивности впитывания с рекреационными нагрузками (рис. 2), что подтверждает физический смысл линейного уравнения (6) и целесообразность его использования при расчетах допустимого значения рекреационной плотности для колхидских лесов.

Используя полученные зависимости, проведем прогноз рекреационной посещаемости участка колхидского леса, тяготеющего к «дикий» тропе:

- определим фактическую рекреационную плотность на исследуемом участке «дикий» тропы, подставив в уравнение (2) значение  $S = 0,993$  (табл. 4),  $Rd = 8 \text{ чел./га}$ ;

- рассчитаем площадь участка колхидского леса, тяготеющего к исследуемому участку «дикий» тропы протяженностью 218 м, при средней ширине наследа рекреантов 250 м (площадь равна 5,45 га);

- рассчитаем фактическую рекреационную посещаемость этого участка согласно ОСТ 56–100–95, приняв продолжительность сезона рекреации 300 дней, общее время посещения объекта за день 8 ч и среднее время одного посещения – 2 ч, т.е.

$$Re = Rd \cdot T/t = 8 (300 \cdot 8/2) = 9600 \text{ чел./га/сезон};$$

- определим фактическую рекреационную емкость участка колхидского леса, тяготеющего к «дикий» тропе

$$E = 9600 \cdot 5,45 = 52320 \text{ чел./сезон};$$

Следовательно, из общего числа экскурсантов, посещающих за сезон (год) рекреационный объект «33 водопада» (158 тыс. чел.), только 52,3 тыс. чел. проходят по «дикий» тропе и посещают тяготеющий к ней участок колхидского леса на склонах второй и третьей групп крутизны.

Используя полученное значение допустимой рекреационной плотности ( $Rd_{\text{доп.}} = 0,8 \text{ чел./га}$ ) определим: допустимую посещаемость используемого участка  $Re_{\text{доп.}} = 0,8 (300 \cdot 8/2) = 960 \text{ чел./га} \cdot \text{сезон}$ ; его рекреационную емкость  $E = 960 \cdot 5,45 = 5232 \text{ чел.} \cdot \text{сезон}$ .

Таким образом, фактические значения рекреационной посещаемости и емкость колхидских лесов на участке объекта «33 водопада» в 10 раз превышают соответствующие допустимые величины.

Такие нагрузки и вызывают деградацию ЛП и ЖНП, резкое уменьшение интенсивности впитывания осадков и увеличение ливневого стока, возникновение механической эрозии почв на склонах второй и третьей групп крутизны, активизацию эрозии почв при ливнях.

### Выводы

1. Колхидские леса Западного Кавказа, служащие местами концентрации сохранившихся с доледникового периода эндемичных и реликтовых видов растений, являются популярными объектами экскурсионных маршрутов.

2. На контрольном участке колхидских лесов средняя воздушно-сухая масса лесной подстилки и живого напочвенного покрова составила около 4 т/га. Превышение рекреационной плотности свыше 0,8 чел./га резко усиливает процессы деградации напочвенного покрова одновременно с ухудшением водно-физических свойств верхнего слоя бурых лесных почв.

3. Определены криволинейные связи рекреационной плотности с коэффициентами стока и интенсивностями впитывания осадков. Увеличение рекреационных нагрузок до 0,8 чел./га сопровождается постепенным увеличением коэффициентов стока при ливнях, при одновременном уменьшении интенсивностей впитывания осадков. Возрастание рекреационных нагрузок свыше 0,8 чел./га приводит к резкому усилению местного стока

при уменьшении интенсивностей впитывания до минимальных значений.

4. Обнаружено, что на склонах под воздействием «шаговой» нагрузки происходит механическая эрозия – передвижение верхнего слоя почв вниз по склону. При этом на склонах первой группы крутизны механическая эрозия не наблюдается, на склонах второй группы она возможна при  $Rd > 11$  чел./га, а на склонах третьей группы – при самых незначительных рекреационных нагрузках.

5. Эрозия почв при ливнях криволинейно связана с величинами поверхностного стока и интенсивностью впитывания осадков, которые зависят от рекреационной плотности.

6. Соответственно полученному линейному уравнению, допустимой эрозии бурых лесных почв соответствует допустимая рекреационная плотность на колхидские леса, равная 0,8 чел./га. Этому значению соответствует допустимая рекреационная посещаемость 960 чел./га/сезон.

### Библиографический список

1. Ивонин, В.М. Рекреационная экология горных лесов Российского Причерноморья / В.М. Ивонин, В.Е. Авдонин, Н.Д. Пеньковский. – Ростов-на-Дону: СКНЦ ВШ, 2000. – 272 с.
2. Ивонин, В.М. Лесомелиорация ландшафтов: научные исследования / В.М. Ивонин, Н.Д. Пеньковский. – Ростов-на-Дону: СКНЦ ВШ, 2003. – 150 с.
3. ОСТ 56-69-83. Площадки пробные лесоустойчивые. Метод закладки. – М., 1984. – 60 с.
4. ОСТ 56-100-95. Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы. – М., 1995. – 14 с.
5. Тарчевский, Б.А. Сочи экскурсионный / Б.А. Тарчевский. – Майкоп: ООО «Качество», 2004. – 93 с.

## ОСОБЕННОСТИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ СТРАТИФИКАЦИИ АРЧОВЫХ ЛЕСОВ КЫРГЫЗСТАНА

В.В. ЗАВАРЗИН, *проф. каф. лесоустройства и охраны леса МГУЛ*,  
К.О. МАТРАИМОВ, *асп. каф. лесоустройства и охраны леса МГУЛ*

Общая площадь лесного фонда арчовых (можжевеловых) лесов юга Кыргызстана составляет 810 тыс. га, в том числе покрытая лесом площадь 202 тыс. га, произрастаю-

щие на высотных поясах от 900–3200 м над уровнем моря. В арчовых лесах различают три подзоны. В каждой подзоне преобладает определенный вид арчи. В нижней подзоне

(900–1500 м) широко распространена арча зеравшанская (*Juniperus seravschanica*), в средней (1400–2200 м) – арча полушаровидная (*J. semiglobosa*), в верхней (2100–3200 м) – арча туркестанская (*J. turkestanica*). Кроме перечисленных трех видов арчи, в верхней зоне произрастает четвертый вид – арча стелющаяся, кустарниковая форма [1].

Поскольку в арчовниках запрещены все виды рубок, основными задачами лесоустройства являются определение границ произрастания видов арчи, их условия произрастания, уровень возобновления, степень деградации лесов и обоснование лесохозяйственных мероприятий, направленных в основном на сохранение и улучшение состояния арчовых лесов, также на улучшение социально-экономического развития районов расположения лесных хозяйств.

Наряду с другими основными экосистемами Кыргызстана инвентаризацию арчовых лесов целесообразно провести выборочно-статистическим методом, при котором требуемые таксационные показатели вычисляются необходимой точностью в пределах страт.

В связи с этим следует отметить, что при выборочно-статистическом методе достигается получение максимально полной и достоверной информации не только об объекте в целом, но и об отдельных его составляющих (страты), максимальная экономичность при проведении полевых лесоустроительных работ, максимальная простота обработки собранных данных в камеральный период с применением компьютерных технологий [4].

Стратификацией объекта лесоустройства достигается распределение лесного фонда на однородные части (страты). Страты составляются чаще всего по преобладающим породам, стадиям развития, сомкнутости крон, классам возраста, типам леса [3].

Для Кыргызстана впервые применяемый выборочно-статистический метод таксации проводился в арчовых (можжевеловых) лесах с составлением предварительных страт без применения аэрофотоснимков в 2004 г. Главным управлением лесохозяйства Государствен-

ной лесной службы республики. При предварительной стратификации ставились задачи: определить объем выборки пробных площадей в стратах и уменьшить затраты на проведение полевых работ по инвентаризации леса.

Объектами работ были 4 лесхоза Баткенской и 6 лесхозов Ошской областей, где произрастают арчовые леса Кыргызстана. Для осуществления предварительной стратификации были использованы материалы последнего лесоустройства. Последнее лесоустройство проводилось Казахским филиалом ВО «Леспроект» в 1978–1980 гг.

Процесс предварительной стратификации состоял из следующих действий:

1. Сканирование планов лесонасаждений и топокарт масштаба 1 : 25000. Сканирование проводилось на барабанном сканере СБЦ-7, и было отсканировано 47 планов лесонасаждений и 210 топокарт.

2. Оцифровка рельефа, внешних границ лесхозов, границ выделов, кварталов, существующих рек и дорог с помощью программы *GeoDraw for Windows*. Рельеф оцифровался через каждые 50-метровые линии.

3. Наложение оцифрованных планов лесонасаждений на оцифрованные границы лесхозов с рельефом для создания «рабочих карт» с помощью программы *MapInfo*. Эти работы велись с целью корректировки отклонений в границах выделов и в конечном итоге получения «рабочих карт».

4. Ввод в компьютер таксационных описаний последнего лесоустройства на программе *Microsoft Excel*. Для составления кодов стратификации вводились в компьютеры только некоторые таксационные характеристики лесных выделов, редин из таксационного описания: номер квартала и выдела, породный состав, диаметры по ярусам, полнота. Эти данные выделов были использованы для составления кодов стратификации, состоящие из 4 цифр: 1-я цифра – **стадия развития** (средний диаметр выдела), 2-я цифра – **вид леса** (породный состав выдела), 3-я цифра – **сомкнутость крон** (полнота выдела), 4-я цифра – **вид арчи древовидной** (породный состав выдела).

Т а б л и ц а 1

**Определение стадий развития**

Средние диаметры	Стадия развития
до 10 см	1
11–20 см	2
21–35 см	3
36–50 см	4
выше 50 см	5
средние по ярусам	6
кустарниковый лес	7

Т а б л и ц а 2

**Определение вида леса**

Породный состав	Вид леса
доля хвойных пород от 7 до 10	1
доля лиственных пород от 7 до 10	2
остальные доли смешения пород	3
объемные кустарниковые породы	4
малообъемные кустарниковые породы	5

Т а б л и ц а 3

**Определение сомкнутости крон**

Полнота	Сомкнутость крон
0,8 – 1,0	1
0,5 – 0,7	2
0,2 – 0,4	3

5. Составление «Правил идентификации» для присвоения кодов стратификации к введенным таксационным данным.

Для определения стадия развития выделов применили следующие придержки (табл. 1).

Диаметры стадий развития соответствуют градациям стадий развития «Руководства по проведению полевых работ по оценке выделов» [2].

Вид леса определялся из породного состава выдела с применением следующего правила (табл. 2).

Сомкнутость крон (отношение площади, перекрываемой проекцией крон к общей площади выдела) определялся, исходя из полноты (табл. 3).

Основной задачей лесоустройства 2004 г. ставились определение и расчет таксационных параметров существующих ви-

дов арчи древовидной (арча туркестанская, зеравшанская, полушаровидная) и стланиковой арчи. Для составления предварительных страт виды арчи определялись из породного состава и соответственно, как и другим породам, присваивались цифровые коды. Коды видов арчи являлись последней составляющей формулы страты:

– арча туркестанская – присваиваемый код 5;

– арча полушаровидная – присваиваемый код 6;

– арча зеравшанская – присваиваемый код 7;

– смешанные виды арчи – присваиваемый код 8;

– стланиковая арча – присваиваемый код 0.

6. Составление кодов стратификации на основе вышеуказанных правил с использованием программы *Borland Delphi 7*.

7. Составление предварительных страт по областям.

8. Разграничение страт на «рабочих картах» с наложением координатной сетки пробных площадей инвентаризации леса. Пересечение линий координатной сетки (расстояние сторон квадрата 500 м на местности) явились центрами пробных площадей.

Введенные таксационные показатели выделов преобразовали в базу данных с помощью программы *Borland Delphi 7*. Применяя *SQL* – запросы по этой программе, определили количество кодов стратификации по двум областям, т.е. перечень лесных выделов с присвоенными кодами стратификации (табл. 4).

Таким образом, по Ошской области в целом насаждения представлены 45 различными кодами стратификации, по Баткенской области 46 кодами стратификации.

По Ошской области преобладают насаждения арчи туркестанской второй стадии развития с редкой (код 2135) и свободной (код 2125) сомкнутостью крон и смешанные арчовые насаждения второй стадии развития с редкой (код 2138) и свободной (код 2128) сомкнутостью крон.

**Коды насаждений арчовых лесов**

Ошская область				Баткенская область			
Коды	Количество	Коды	Количество	Коды	Количество	Коды	Количество
1123	14	2323	5	1115	16	2223	37
1125	43	2221	2	1125	213	2233	44
1126	8	3118	8	1126	129	2333	6
1128	141	3125	26	1128	49	3115	69
1133	54	3126	15	1135	1056	3116	21
1135	386	3133	7	1136	556	3118	6
1136	238	3135	22	1137	125	3125	425
1138	565	3136	67	1138	232	3126	147
1223	23	3138	130	1223	24	3127	10
1233	20	3128	184	1233	21	3128	60
1323	8	4136	11	2221	6	3135	791
2115	9	4128	7	2115	181	3136	282
2123	5	4135	4	2116	91	3137	58
2125	367	4138	8	2118	30	3233	14
2126	129	7420	93	2125	1441	4115	11
2128	1198	7430	129	2126	842	4125	46
2133	31	7413	63	2127	58	4126	26
2135	1133	7423	622	2128	328	4135	80
2136	1435	7433	779	2135	4466	4136	47
2138	3068	7513	27	2136	2240	4137	12
2223	43	7523	446	2137	426	7413	8
2233	19	7533	287	2138	886	7423	98
2118	27			2213	9	7433	325

Также преобладают насаждения арчи туркестанской, полушаровидной и смешанных арчовников первых стадии развития с редкой сомкнутостью крон (коды 1135, 1136, 1138). Насаждения третьей стадии развития имеют небольшие количества выделов (коды 3128, 3138). Немалую долю насаждений области составляют кустарниковые породы со свободной и редкой сомкнутостью крон.

По Баткенской области преобладают насаждения арчи туркестанской второй стадии развития с редкой (код 2135) и свободной (код 2125) сомкнутостью крон, арчи полушаровидной с редкой (код 2136) и свободной сомкнутостью крон (код 2126), смешанные

арчовники с кодами 2128 и 2138. Арча зервшанская представлена в основном второй и первой стадиями развития с редкой сомкнутостью крон (коды 2137, 1137). Насаждения первой стадии развития представлены арчой туркестанской (код 1135) и полушаровидной (код 1136).

Из результатов обработки можно сделать вывод, что в целом по двум областям насаждения имеют низкие полноты, существуют почти все стадии развития, арчовые насаждения составляют более 80% от лесопокрытой площади. Коды, имеющие наибольшие площади, составили основные страты, по которым далее и были заложены пробные площади инвентаризации лесов.

**Предварительные страты**

Ошская область			Баткенская область		
Страты	Коды страт	Количество выделов	Страты	Коды страт	Количество выделов
1	1113,1123,1133,1333,1323	76	1	1115, 1125	229
2	1118,1128	141	2	1135	1056
3	1138	565	3	1116, 1126	129
4	1115,1125,1135	429	4	1117, 1127, 1137	156
5	1126,1136	246	5	1136	556
6	1223,1213,1233,2213,2223, 2233,2323,2221	110	6	1128, 1138	281
7	2115,2125,3115,3125	202	7	1213,1223,1233,2213, 2223, 2233,2323,2333	139
8	2135,3135,4135	1156	8	2115	181
9	2116,2126	129	9	2125	1441
10	2136	1435	10	2135	4466
11	2113,2123,2133,3133	43	11	2116, 2126	933
12	2118,2128	1225	12	2136	2240
13	2138	3022	13	2117, 2127, 3117, 3127	118
14	3128,3118,4118,4128	199	14	2137, 3137	480
15	3138,4138	184	15	2118, 2128	358
16	3126,3136,4126,4136	152	16	2138	886
17	7410,7420,7430	222	17	3115, 3125	494
18	7413,7423	803	18	3135	791
19	7433	910	19	3116, 3126	168
20	7513,7523	343	20	3136	275
21	7533	156	21	3118,3128,3138,4128,4138	218
			22	3223,3323,4223,4233	18
			23	4115,4125,	58
			24	4135	81
			25	4126,4136,4117,4127, 4137	86
			26	7413,7423	106
			27	7433	325

На основе анализа полученных результатов были составлены предварительные страты по областям. В них группировались насаждения, имеющие близкие таксационные показатели (табл. 5).

Таким образом, руководствуясь основными условиями стратификации, были составлены по Ошской области 21 страта и Баткенской области 27 страт.

Количество страт и содержимое страт могут быть изменены в ходе камеральных ра-

бот для достижения необходимой точности при оптимизации выборки пробных площадей страт.

Для получения точности запаса страты  $\pm 10\%$  необходимо минимум 20 пробных площадей в одной страте [5]. Этот показатель был вычислен в ходе обработки пилотных пробных площадей по еловой зоне Кыргызстана, и, естественно, полученный результат не должен использоваться для других видов лесов.



Учитывая большую разницу в площадях страт для определения оптимальной выборки в условиях арчевых лесов, было рекомендовано закладывать 30–40 пробных площадей на одну страту. Пробные площади выбирались равномерно по лесной территории области, т.е. пробные площади не должны быть сконцентрированы только в определенной части области. Используя результаты обработки полевых материалов и сделанного математико-статистического анализа, предполагается рассчитать оптимальное количество пробных площадей в одной страте, учитывая виды арчи и кустарниковые породы.

Таким образом, процесс предварительной стратификации:

- сокращает затраты на проведение полевых работ по инвентаризации леса;
- позволяет для заданной точности таксации провести оптимальную выборку по стратам;
- позволяет использовать материалы последнего лесоустройства и правила иден-

тификации для составления предварительных страт.

Составленные «рабочие карты» на основе предварительной стратификации облегчают процесс закладки пробных площадей, т.к. лесоустроительные группы имеют возможность варьировать при выборке пробных площадей, исходя из их доступности.

#### Библиографический список

1. Материалы учета лесного фонда Кыргызстана. – Бишкек, 2003.
2. Матраимов, К.О. Руководство по проведению оценки выделов и планированию лесохозяйственных мероприятий / К.О. Матраимов, А.В. Березовой, Ф. Пурталес. – Бишкек, 2002.
3. Федосимов, А.Н. Инвентаризация леса выборочными методами / А.Н. Федосимов. – М.: Лесная пром-сть, 1986. – 14 с.
4. Федосимов, А.Н. Теоретические основы оптимального размещения пробных площадей при статистическом учете лесного фонда / А.Н. Федосимов, В.С. Чуенков. – М.: ВНИИЛМ, 1987.
5. Шойбер, М. Оценка компьютерной программы для проведения анализа / М. Шойбер. – Берн, 2001.

## ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА БИОРАЗНООБРАЗИЕ СУБАЛЬПИЙСКИХ БУКНЯКОВ АРСИАНСКОГО ХРЕБТА АДЖАРСКОЙ АР

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

**А**рсианский хребет представляет собой типичную горную экосистему аджаро-шавшетского флористического округа Колхидской провинции. Основой его флористического разнообразия является автохтонная флора. В этой части южной Колхиды влияние теплого климата Черного моря благотворно отражается и на самых верхних границах распространения лесной растительности; большая часть представителей Колхидской флоры здесь встречается практически во всех высотных поясах [2].

Субальпийская лесная растительность этого региона охватывает высоты от 2000 (2100) до 2400 (2450) м над уровнем моря. Она представлена в основном буковыми формациями с различными эколого-генетическими

группами травяного покрова, среди которых наиболее широкое распространение имеют букняки с субальпийским высокотравным напочвенным покровом (*Fagetum alherbosum*) [1, 3–5, 8].

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

С целью изучения закономерностей характера изменения показателей отдельных

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

Почвы на объектах исследований – типичные горно-лесо-луговые (*District Regosol* – по ФАО) [7] со средним и тяжелым гранулометрическим составом, развитые на песчаных продуктах выветривания главных горных пород. Во всех разрезах они представлены системой генетических горизонтов  $A_0$ ,  $A_1$ , АВ, ВС, CD, D и имеют среднюю глубину (до 1 м); их морфологические признаки идентичные. Признаки оподзоливания в почвах отсутствуют, что связано с ограничением процессов выветривания. Вертикальные профили почвы в разрезах характеризуются скелетностью, которая увеличивается с глубиной.

На всех изученных пробных площадях структура почв с глубиной ухудшается. Структурный анализ, сделанный методом сухого просеивания в пробах из верхних слоев почвы (0–10 см), показал (табл. 1), что в них

преобладают агрегаты размерами 1–3 мм: содержание этой фракции колеблется от 21,9 до 42,8 %. По-видимому, преобладание агрегатов размерами 1–3 мм является генетическим свойством структуры исследованных почв. Аналогичные результаты отмечены и в других исследованиях, касающихся структуры горно-лесо-луговых почв Аджарии [3, 6].

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

Т а б л и ц а 1

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

Пробная площадь	Размер агрегатов в мм и содержание фракций в %*								Коэффициент структурности	Количество водопрочных агрегатов > 0,25 мм
	>10	10-7	7-5	5-3	3-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25		
Огороженный букняк с полнотой 0,2–0,3	17,7	16,0	14,3	20,5	21,9	2,6	4,1	2,9	3,85	78,9
	–	–	40,1	18,5	13,3	3,3	3,7	17,8		
Деградированный букняк с полнотой 0,2–0,3	14,6	15,9	15,0	18,4	25,2	3,6	5,0	3,9	4,71	61,5
	–	–	35,5	12,8	7,3	3,3	2,6	28,6		
Пастбище	3,1	5,3	5,8	15,3	42,8	4,0	10,6	13,1	5,17	76,4
	–	–	8,3	16,3	35,5	8,7	7,6	23,6		

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

Содержание в почвах гумуса и питательных элементов

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

Результаты структурного анализа показали, что почвы на безлесных участках, в которых преобладают агрегаты фракции 1–3 мм, мало поддаются разрушительному действию воды; наиболее слабой водопропрочностью характеризуются более крупные фракции. Частичное разрушение агрегатов на безлесных и неогороженных деградированных лесных площадях способствовало увеличению доли фракции < 0,25 мм и соответственно снижению общего количества водопропрочных агрегатов. Согласно результатам анализа, максимальное содержание водопропрочных агрегатов в почве огороженного лесного участка равно 78,9 %, а в деградированном лесу и на пастбище – соответственно 61,5 и 76,4 %.

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

Существенные различия отмечаются и в обеспеченности почв азотом. Наибольшее содержание гидролизующего азота имеется в почве огороженного букняка (22,4–25,2 %); в деградированном букняке оно снижается до 11,7–19,6 %, а на пастбище – до 8,9–17,9 %. Содержание негидролизующего азота также наибольшее в почве на огороженном участке леса – 0,42–1,40 %; в почве неогороженного букняка и на пастбище оно уменьшается до 0,14–0,70 %. Аналогичные закономерности отмечаются и в содержании усвояемых растениями фосфора и калия. Почвы исследуемых объектов характеризуются очень сильно кислой реакцией (pH<sub>KCl</sub> 3,4–3,9); сравнительно более высокая кислотность наблюдается в верхних горизонтах; с глубиной она уменьшается незначительно.

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

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

Пробная площадь	Плотность, г/см <sup>3</sup> ( $M \pm m$ )	Водопроницаемость, мм/мин ( $M \pm m$ )	Пористость, %								
			некапиллярная			капиллярная			общая		
			$M \pm m$	$T$	$W$	$M \pm m$	$T$	$W$	$M \pm m$	$T$	$W$
1. Огороженный букняк	0,68 ± 0,30	2,38 ± 0,13	10,2 ± 0,18	7,6	99,9	47,5 ± 0,30	0,46	50,0	59,7 ± 0,32	59,8	99,9
2. Дегradированный букняк	0,74 ± 0,13	0,85 ± 0,01	8,4 ± 0,15			47,8 ± 0,58			56,2 ± 0,49		
1. Огороженный букняк	–	–	10,2 ± 0,18	9,0	99,9	47,5 ± 0,30	4,71	99,8	59,7 ± 0,32	14,33	99,8
3. Пастбище	0,91 ± 0,25	0,57 ± 0,01	7,9 ± 0,18			45,8 ± 0,19			53,7 ± 0,27		
2. Дегradированный букняк	–	–	8,4 ± 0,15	2,13	90,5	47,8 ± 0,58	3,28	98,5	56,2 ± 0,49	4,47	99,8
3. Пастбище	–	–	7,9 ± 0,18			45,8 ± 0,19			53,7 ± 0,27		

Примечание:  $M \pm m$  – средняя арифметическая величина и средняя квадратическая ошибка определений;  $T$  – достоверность различий между величинами средних показателей;  $W$  – вероятность, %

В верхнем слое почвы (0–10 см) самыми низкими показателями плотности характеризуются почвы огороженного букняка –  $0,68 \pm 0,30$  г/см<sup>3</sup>. На неогороженном участке леса этот показатель повышается до  $0,74 \pm 0,13$  г/см<sup>3</sup>; самой высокой плотностью характеризуется почва на пастбище –  $0,91 \pm 0,25$  г/см<sup>3</sup>.

На участке, подверженном интенсивному выпасу скота, и на деградированном неогороженном участке леса в верхнем слое почвы отмечается сильное ухудшение водопроницаемости: она составляет соответственно 0,57 и 0,85 мм/мин, тогда как на огороженном участке – 2,38 мм/мин.

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

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

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

Видовое разнообразие травяного покрова не препятствует возобновлению древесных видов, таких, как бук, ель, пихта. Подрост бука, всходы и самосев встречаются в большом количестве.

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

Вид	Обилие растений по шкале Друде			
	на неогороженном участке		на огороженном участке	
	1990 г.	2000 г.	1990 г.	2000 г.
1. <i>Achillea millefolium</i> L.	—	—	—	Sp
2. <i>Alchemilla languida</i> Bus.	Cop2	Cop2	Cop 1	Cop1
3. <i>Oxisepala</i> Jus.	—	Cop2	—	Cop1
4. <i>Dura</i> Bus.	—	—	—	Cop1
5. <i>Arumcus vulgaris</i> Raf	—	—	Sp.	Cop1
6. <i>Campnula latifolia</i> L.	—	—	—	Sp
7. <i>Gadalia lactiflora</i>	—	—	—	Cop1
8. <i>Calamagrostic arundinacea</i> (L.) Roth. var. <i>Kozo-Poljanskii</i> S. Golitz.	—	—	Sp.	Sp.
9. <i>Calamintha menthifolia</i> Host.	—	Sp.	—	Sp.
10. <i>Cardamine hirsute</i> L.	—	—	Cop1.	Sp.
11. <i>Centauria nigrofimbria</i> (C.Koch.) Sosn.	—	—	—	Sp.
12. <i>Abbreviata</i> (C. Koch.) Hand-Mazz.	Sp	—	—	Sp.
13. <i>Cicerbita prenanthoides</i> (Bieb.) Beauverd.	—	Cop1	—	Cop1
14. <i>Cirsium hypoleucum</i> Dc.	—	Cop2	—	Cop1
15. <i>C.obvallatum</i> (Bieb) Hand.	—	—	—	Sp.
16. <i>Clinopodium vulgare</i> L.	—	Cop 3	—	Sp
17. <i>Crocus vallicola</i> Herb.	—	Sp	Cop2	Cop2
18. <i>Delphinium flexuosum</i> Bieb.	—	Cop1	Cop1.	Cop1
19. <i>Euphorbia macroceras</i> Fish. et Mey.	—	Cop1	—	Sp
20. <i>E. oblongifolia</i> C. Koch.	—	Sp	—	Sp
21. <i>Epilobium prionophyllum</i> Haussshn.	Sp	—	—	Cop1
22. <i>E. nervosum</i> Boiss.et Buhse.	—	Cop1	Sp	Sp
23. <i>Fragaria vesca</i> L.	—	—	—	Sp
24. <i>Galium palustre</i> L	—	Cop1	—	Cop1
25. <i>Galium cruciata</i> (L) Scop.	—	Cop1	—	Sp
26. <i>Gentiana cruciata</i> L.	—	—	—	Sp
27. <i>Mentha longifolia</i> L.	Soc.	—	—	Sp
28. <i>Mycelis muralis</i> (L.) Dumort.	—	Cop1	—	Sp
29. <i>Nardus glabriculumis</i> Sacalo	—	Cop1	—	Sol
30. <i>Orhis triphylla</i> C. Koch.	—	—	—	Sp
31. <i>Paris quandrifolia</i> L.	—	—	Cop1	Sp
32. <i>P. incompleta</i> Bieb.	—	Sp	Sp.	Sp
33. <i>Plantago major</i> L.	—	Cop1	Sp.	Sp
34. <i>Pl. altissima</i> L.	—	Cop1	—	Sp
35. <i>Polygonum carneum</i> C. Koch.	—	Sp	—	Sp
36. <i>Prunella vulgaris</i> L.	—	Sp	—	Cop1
37. <i>Pyrethrum pathenifolium</i> W.	—	—	Sp.	Sp
38. <i>Rubus caucasicus</i> Focke.	—	Sp	—	Sp
39. <i>Rumex alpestris</i> Jacq. arifolius All.	—	Cop1	—	Sp
40. <i>R. alpinus</i> L.	—	—	—	Cop1
41. <i>Sanicula europea</i> L.	—	—	Cop.	Sp
42. <i>Saxifraga cymbalaria</i> L.	—	Cop1	Cop.	Sp
43. <i>Sedum stoloniferum</i> S. G. Gmel.	—	Cop1	—	Sp
44. <i>S. oppositifolium</i> Sims.	—	Sp	—	Sp
45. <i>S. pallidum</i> Bieb.	—	—	—	Sp
46. <i>Senecio propinguns</i> Schischk.	—	—	—	Sp
47. <i>Silene compacta</i> Fisch. ex. Hornem.	—	—	—	Cop1
48. <i>Stahys iberica</i> Bieb.	—	—	Sp.	Un
49. <i>Symphytum asperum</i> Lep.	—	—	Cop.	Un
50. <i>Tripholium repens</i> L.	—	Sp	Cop.	Sp
51. <i>Urtica dioica</i> L.	—	Sp	—	Cop1
52. <i>U. urens</i> L.	Cop1	Sp	—	Sp
53. <i>Valleriana alliariifolia</i> Adam.	—	Cop3	Cop1	Cop1
54. <i>Veratrum lobelianum</i> Berhn.	—	Cop2	Cop1	Cop1
55. <i>Tussilago farfara</i> L.	—	—	Cop1	Cop1
56. <i>Athyrium filix -femina</i> Roth.	—	—	—	Cop1
57. <i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.	—	—	—	Sp

Нужно отметить, что бук лучше приспособлен к высокогорному влажному климату и, в отличие от хвойных пород, не выпревает в мощных сугробах снега. На неогороженных участках ранней весной наблюдается обильное возобновление бука, но появившиеся всходы и самосев почти полностью уничтожаются при выпасе скота, и естественное восстановление леса полностью прекращается.

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

Таким образом, огораживание и охрана лесных участков от рубок, выпаса скота и рекреационных нагрузок на Арсианском хребте за 25-летний период способствует началу процесса лесовозобновления, восстановления основных физических и агрохимических свойств почв и видового состава живого напочвенного покрова. Указанные лесохозяйственные мероприятия вносят важ-

ный вклад в сохранение и восстановление биоразнообразия и ценных природоохранных функций субальпийских буковых экосистем южной Колхиды.

### Библиографический список

1. Гигаури, Г.Н. Биоразнообразие лесов Грузии / Г.Н. Гигаури. – Тбилиси, 2000. – 160 с. (на груз. яз.)
2. Гроссгейм, А.А. О новом геоботаническом районировании Кавказа / А.А. Гроссгейм // Ботанический журнал. – Т. 33. – 1948. – № 6. – С. 619–621.
3. Манвелидзе, З.К. Влияние растительности субальпийского пояса на основные свойства горно-лесолуговых почв / З.К. Манвелидзе, Г.Дж. Леонидзе // Проблемы аграрной науки: сб. науч. тр. Тбилисского аграрного университета. – Т. XXIV. – 2003. – С. 24–28. (на груз. яз.)
4. Махатадзе, Л.Б. Субальпийские леса Кавказа / Л.Б. Махатадзе, Т.Ф. Урушадзе. – М.: Лесная пром-сть, 1972. – 112 с.
5. Папунидзе, В.Р. Биоразнообразие лесов Аджарии и их экологическая роль / В.Р. Папунидзе, З.К. Манвелидзе // Проблемы экологии. – Тбилиси: Изд-во Тбилисского технического университета. – 2000. – С. 110–119.
6. Таварткиладзе, А. Основные почвы Аджарской АССР / А. Таварткиладзе. – Батуми, 1983. – 112 с. (на груз. яз.)
7. Урушадзе, Т.Ф. Биоразнообразие почв Грузии / Т.Ф. Урушадзе, Н.Г. Тарасашвили, Т.Т. Урушадзе // Биологическое и ландшафтное разнообразие Грузии: материалы национальной конференции, май 28–29. – Тбилиси, 2000. – С. 135–150 (на груз. яз.)
8. Хохряков, А.П. Высокогорная флора северной части Арсианского хребта // Известия Батумского ботанического сада АН Грузии. – Т. 30–31 / А.П. Хохряков, З. Манвелидзе, М.Т. Мазуренко и др. – Тбилиси: «Мецниереба», 1998. – С. 132–163.

## ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ТЕМНОХВОЙНЫХ ЛЕСОВ ЮЖНОГО УРАЛА (НА ПРИМЕРЕ ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА (ЮУГПЗ))

А.Н. ДАВЫДЫЧЕВ, *науч. сотр. лаб. лесоведения Института биологии Уфимского научного центра РАН, канд. биол. наук,*

А.Ю. КУЛАГИН, *проф. зав. лаб. лесоведения Института биологии Уфимского научного центра РАН, д-р биол. наук,*

Ю.П. ГОРИЧЕВ, *зам. директора Южно-Уральского государственного природного заповедника*

**Т**емнохвойные леса Южного Урала в пределах Республики Башкортостан приурочены к Уфимскому плато и к центральной горной части Южного Урала (территория

Южно-Уральского государственного природного заповедника (ЮУГПЗ). Однако до сих пор темнохвойные леса ЮУГПЗ изучены фрагментарно [2, 3]. Природно-климати-

ческие условия данного региона, благоприятствующие произрастанию многочисленных видов растений, резко различающихся по экологическим свойствам и относящихся к представителям неморальной и бореальной флоры, а также многообразию элементов рельефа обусловили формирование здесь сложных по структуре и породному составу лесов. Здесь проходят южные границы естественного распространения лесных массивов, образованных елью сибирской и пихтой сибирской [6]. Рубки главного пользования второй половины XX в., проводимые в широких масштабах на территории нынешнего ЮУГПЗ, направленные в первую очередь на заготовку и вывоз ценной хвойной древесины, привели к сильному нарушению природного соотношения хвойных и лиственных пород. Западная часть заповедника, где производились исследования, подвергалась наиболее сильному антропогенному вмешательству. Вследствие этого относительно ненарушенные леса с доминированием в составе темнохвойных видов сохранились на небольших участках.

Целью данной работы является изучение естественных лесовозобновительных процессов в Южно-Уральском государственном природном заповеднике, который расположен в центральной горной части Южного Урала; темнохвойных лесов, расположенных на территории Южно-Уральского государственного природного заповедника.

### Материалы и методика

Отсутствие лесотипологической схемы лесов ЮУГПЗ вследствие их слабой изу-

ченности в эколого-лесоводственном плане обусловило необходимость изучения естественного подпологового возобновления темнохвойных лесов ЮУГПЗ в зависимости от элементов рельефа. Форма рельефа, будучи наиболее устойчивым и в то же время существенным компонентом среды, признается при изучении лесов в горных районах первичной по отношению ко всем остальным элементам окружающей среды [5].

В каждом из изучаемых элементов рельефа по общепринятым методикам были заложены пробные площади [7], на которых произведено детальное геоботаническое описание с выявлением флористического состава всех ярусов растительного сообщества. Географически пробные площади располагаются на хребтах Нары, Белягуш и М. Ямантау, а также в межгорных долинах между ними. Составлялась таксационная характеристика и определялось относительное жизненное состояние (ОЖС) древостоев. За основу бралась методика В.А. Алексеева с соавторами [1] (с некоторыми изменениями применительно к естественным лесным сообществам). ОЖС насаждений определялось по следующей шкале: здоровое насаждение, ослабленное, сильно ослабленное и полностью разрушенное. Для определения ОЖС деревьев использовалась вспомогательная табл. 1, также рассчитывали объем стволов деревьев на ПП (Лесотаксационный справочник, 1980).

После суммирования объемов стволов по категориям производится оценка ОЖС всего насаждения по следующей формуле [1]

Т а б л и ц а 1

**Вспомогательная таблица для определения категорий деревьев**

Категория дерева	Диагностические признаки		
	густота кроны	наличие мертвых сучьев	степень повреждения листьев
здоровое	85–100 %	0–15 %	0–10 %
ослабленное	55–85 %	15–45 %	10–45 %
сильно ослабленное	20–55 %	45–65 %	45–65 %
отмирающее	0–20 %	70–100 %	70–100 %
сухое	0 %	100 %	нет листьев

$$L_v = \frac{100v_1 + 70v_2 + 40v_3 + 5v_4}{V}$$

где  $L_v$  – ОЖС древостоя, рассчитанное с учетом крупности деревьев;

$v_1$  – объем древесины здоровых деревьев на пробной площади, в м<sup>3</sup>;

$v_2, v_3, v_4$  – то же для ослабленных, сильно ослабленных и отмирающих деревьев соответственно;

100, 70, 40, 5 – коэффициенты, выражающие (в процентах) жизненное состояние здоровых, ослабленных, сильно ослабленных и отмирающих деревьев;

$V$  – общий запас древесины на пробной площади, в м<sup>3</sup> (включая объем сухостоя).

При значении ОЖС от 100 до 80 % древостой оценивается как «здоровый», при 79–50 % – «ослабленный», при 49–20 % – «сильно ослабленный», при 19 % и ниже – «полностью разрушенный».

В целом набор пробных площадей характеризует практически все элементы рельефа, где темнохвойные виды благодаря своим эколого-биологическим свойствам способны формировать коренные типы леса.

Т а б л и ц а 2

**Количество видов древесно-кустарниковой и травянистой растительности темнохвойных лесов ЮУГПЗ**

Тип леса, № пр. пл.	Число видов, отмеченных на пробных площадях				Доминанты в травянистом ярусе	Среднее проективное покрытие травяного покрова, %
	Всего	В т.ч. деревья	В т.ч. кустарники	В т.ч. травянистые растения		
Ельник неморально травяной с дубом (1)	84	13	6	65	<i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth., <i>Majanthemum bifolium</i> (L.) F.W.Schmidt., <i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott., <i>Oxalis acetosella</i> L., <i>Trientalis europea</i> L.	34,60
Ельник неморально травяной с липой (4)	70	8	5	57	<i>C. arundinacea</i> (L.) Roth., <i>O. acetosella</i> L., <i>D. filix-mas</i> (L.) Schott., <i>Aegopodium podagraria</i> L., <i>Asarum europaeum</i> L.	50,95
Пихтач разнотравно-зеленомошный (5)	80	10	6	64	<i>C. arundinacea</i> (L.) Roth., <i>O. acetosella</i> L., <i>Stellaria nemorum</i> L., <i>Pulmonaria obscura</i> Dumort., <i>D. filix-mas</i> (L.) Schott.	54,00
Ельник вейниково-разнотравный (6)	83	10	4	69	<i>C. arundinacea</i> (L.) Roth., <i>O. acetosella</i> L., <i>A. podagraria</i> L., <i>A. europaeum</i> L., <i>P. obscura</i> Dumort.	42,30
Ельник разнотравно-зеленомошный (7)	71	6	5	60	<i>C. arundinacea</i> (L.) Roth., <i>O. acetosella</i> L., <i>Rubus saxatilis</i> L., <i>Rubus idaeus</i> L., <i>D. filix-mas</i> (L.) Schott.	46,30
Ельник горцево-черничный (8)	44	7	2	35	<i>Polygonum alpinum</i> All., <i>Vaccinium myrtillus</i> L., <i>R. saxatilis</i> L., <i>O. acetosella</i> L., <i>C. arundinacea</i> (L.) Roth.	32,90
Ельник зеленомошный (14)	49	7	4	38	<i>Linnaea borealis</i> L., <i>V. myrtillus</i> L., <i>C. arundinacea</i> (L.) Roth., <i>R. saxatilis</i> L., <i>R. idaeus</i> L.	43,50
Осинник вейниковый (10)	62	9	7	46	<i>C. arundinacea</i> (L.) Roth., <i>P. obscura</i> Dumort., <i>Carex pilosa</i> Scop.	53,7
Осинник вейниково-кисличный (11)	59	10	5	44	<i>C. arundinacea</i> (L.) Roth., <i>O. acetosella</i> L., <i>R. idaeus</i> L.	39,1
Осинник костянично-вейниковый (12)	66	11	4	51	<i>C. arundinacea</i> (L.) Roth., <i>R. saxatilis</i> L., <i>C. pilosa</i> Scop., <i>Galium oboratum</i> (L.) Scop.	45,1
Липняк снытево-осочковый (13)	61	8	3	50	<i>C. pilosa</i> Scop., <i>C. arundinacea</i> (L.) Roth., <i>G. oboratum</i> (L.) Scop., <i>P. obscura</i> Dumort., <i>A. podagraria</i> L.	55,2



**Характеристика таксационных показателей и относительного жизненного состояния темновойных лесов ЮУГПЗ**

Ярус	Состав древостоя	Возраст, лет*	Полнота*	Бонитет*	Средний диаметр, см*	Средняя высота, м*	Запас на га, м <sup>3</sup>	ОЖС
Пробная площадь № 1 (Восточный склон хр. Белягуш)								
I	4Е2С2П2Б + Лп, ед. Ос, Олс	128	0,6	II	35,4	26,4	316,6	78
II	6П2Лп1Е1Б + Олс, ед. Д	78	0,07		8,0	8,3	10,3	
Пробная площадь № 4 (Подошва западного склона горы М. Ямантау)								
I	6Е2П1Б1Лп ед. Кл, Ил	140	0,7	II	46,5	30,4	444,5	89
II	7Лп3П + Ил, ед. Е, Б	40	0,08		7,6	7,6	14,6	
Пробная площадь № 5 (Южный склон горы Арки)								
I	9П1Е + С, ед. Б, Лп	131	0,7	III	25,2	25,0	379,6	75
Пробная площадь № 6 (Северный склон горы М. Ямантау)								
I	5Е3П2С + Б, Ос	104	0,8	III	35,6	22,0	373,6	84
II	6ПЗБ1Е + С, Лп	48	0,04		7,6	6,4	6,6	
Пробная площадь № 7 (Западный склон хр. Нары)								
I	6Е4П ед. Б	149	0,7	II	36,1	29,0	377,1	75
II	9П1Е	104	0,05		7,9	6,8	8,2	
Пробная площадь № 8 (Вершина горы Белягуш)								
I	6Е3П1Б	95	0,7	III	31,2	23,0	293,2	75
II	7П2Е1Б ед. Кл	70	0,03		8,2	7,2	5,9	
Пробная площадь № 14 (Северо-западный крутосклон вблизи ур. Веселое)								
I	5Е3С2П ед. Б	102	0,7	I	27,8	27,0	385,6	82
II	6П4Е	85	0,03		8,7	9,0	9,0	
Пробная площадь № 10 (Западный склон хр. Нары)								
I	6Ос2П2Б + Е, ед. Ил, Лп	77	0,7	I	21,8	24,0	146,12	58
II	6П2Б1Лп1Ос ед. Е, Ряб	53	0,06		8,5	10,4	12,20	
Пробная площадь № 11 (Северный склон хр. М. Ямантау)								
I	7Ос1С1Е1П + Б, ед. Лп	96	0,9	I	37,9	27,0	526,0	69
II	9П1Е + Б, ед. Лп, Ряб	58	0,04		7,6	7,2	7,6	
Пробная площадь № 12 (Восточный склон хр. Белягуш)								
I	7Ос2Е1Лп + С, Б, П ед. Д	73	0,9	I	26,6	25,4	391,8	74
II	7Лп2П1Б + Е, ед. С, Ил	36	0,1		8,4	9,6	21,2	
Пробная площадь № 13 (Южный склон горы Арка)								
I	8Лп2П + Ос, ед. Е, Кл, Б	78	0,8	II	23,4	21,6	314,91	85
II	7ПЗЛп + Е, Кл	37	0,06		8,0	10,8	1,4	

Примечание: \* – данные значения взяты по главной породе

Для характеристики «мелкого» подроста (высотой до 50 см) в пределах каждой пробной площади заложено 100 равномерно размещенных учетных площадок размером 0,5 м<sup>2</sup>. На каждой площадке после определения общего проективного покрытия травяного и мохового ярусов и основных доминирующих видов выявлялось наличие подроста с измерением его возраста и высоты. «Крупный» подрост (высотой более 50 см) учитывался на 30 площадках размером 4 м<sup>2</sup> с определением для каждого растения возраста и

высоты. Методика работы позволила учесть наиболее важные факторы, влияющие на характер и темпы естественного лесовозобновительного процесса: лесорастительные условия, полнота и состав древостоя, густота и видовой состав травяно-мохового покрова.

**Результаты и обсуждение**

В настоящее время на территории ЮУГПЗ выявлено 665 видов высших растений, относящихся к 334 родам и 94 семействам. Число видов высших растений, отме-

ченных на пробных площадях, колеблется от 84 (в том числе 13 видов деревьев) до 44 (в том числе 7 видов деревьев) (табл. 2).

Древостои практически во всех изучаемых местообитаниях сложные, двухъярусные (табл. 3). Исключение составляет южный склон горы Арка. В коренных лесах в главном ярусе доминирует ель, количество единиц которой в составе колеблется от 4 до 6 единиц. Пихта доминирует в главном ярусе только на южном склоне горы Арки, в остальных случаях она выступает в качестве содоминанта. На бывших вырубках формируются производные леса из осины, березы и липы. Во втором ярусе древостоев практически во всех изучаемых местообитаниях главенствует пихта, количество единиц, в составе которой колеблется от 6 до 9. Исключение составляет ельник на подошве западного склона горы М. Ямантау, где во втором ярусе доминирует пихта. Древостои на 4-х пробных площадях оцениваются как здоровые, остальные как ослабленные. Обращает на себя внимание факт наличия в древостоях значительного количества отмирающих и сухих деревьев пихты.

**Естественное возобновление  
темнохвойных древесных пород**

Ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.), главный лесообразователь темнохвойных лесов Южного Урала, возобновляется под пологом древостоев в большинстве изученных местообитаний крайне слабо. Количество ее подроста составляет от единичных растений

до 0,6 тыс. шт./га. Исключение составляет северо-западный крутосклон вблизи урочища Веселое в межгорном понижении между хребтами Нары и Белягуш, где под пологом древостоя зафиксировано 31,4 тыс. шт./га подроста ели (табл. 4). Столь значительное количество подроста ели в данном местообитании объясняется:

– наличием достаточного количества семян ели (в 2004 г. средний балл плодоношения составил 1,62; кроме этого, на пробной площади равномерно распределены крупномерные деревья ели, дающие ежегодно хорошие урожаи);

– благоприятной лесорастительной обстановкой, способствующей поселению и начальному росту подроста ели (наличие участков с зеленомошным покрытием, а также микроповышений из гниющей древесины).

Однако 89,8 % подроста не превышает высоты 10 см и являются всходами и сеянцами 2–3-летнего возраста. Количество «крупного» подроста (высотой более 50 см) составляет 0,9 тыс. шт./га, что составляет 2,8 % от общего количества подроста на данном участке.

Неудовлетворительное возобновление ели в остальных изученных местообитаниях объясняется рядом причин:

– в производных осинниках и липняке основным фактором, препятствующим успешному возобновлению ели, является дефицит семян;

Т а б л и ц а 4

**Количество подроста ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) под пологом древостоев в пределах ЮУГПЗ**

№ пробной площади	Количество подроста, тыс. шт./га		Итого
	«мелкий»	«крупный»	
1	–	0,1	0,1
4	0,5	0,1	0,6
5	–	0,3	0,3
6	0,2	0,4	0,6
7	0,4	0,1	0,5
8	0,2	0,1	0,3
11	–	0,4	0,4
14	30,6	0,8	31,4

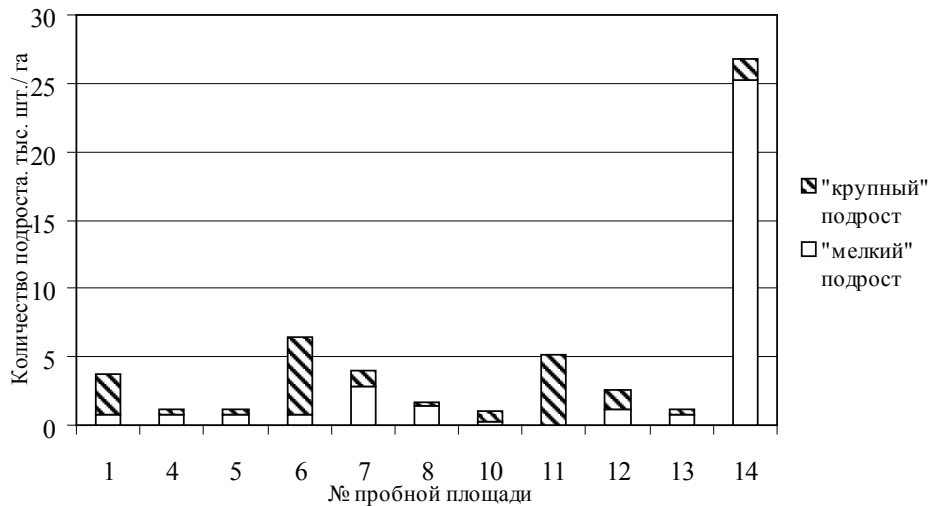


Рис. 1. Количество подроста пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) под пологом древостоев в пределах ЮУГПЗ

– в древостоях с наличием липы и прочих широколиственных видов при наличии достаточного количества семян (средний балл семеношения ели на северном склоне хр. М. Ямантау составил 2,2) основным фактором, препятствующим успешному возобновлению ели, является подстилка из листьев широколиственных видов, которая является труднопреодолимым препятствием для слабых проростков ели;

– конкуренция со стороны неморального широколиственного за основные элементы среды (свет, воду и минеральное питание);

– на инсолируемых склонах и выровненных вершинах гор лимитирующим фактором является пересыхание верхних горизонтов почвы и мохового покрова.

Пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.) – постоянный спутник ели сибирской – возобновляется, в отличие от последней, успешней во всех изученных местобитаниях. Количество ее подроста составляет от 1,0 до 26,8 тыс. шт./га, количество «крупного» подроста колеблется от 0,3 до 5,7 тыс. шт./га (рис. 1).

Успешное возобновление пихты, несмотря на неустойчивый режим семеношения (средний балл семеношения в 2004 г. составил на ПП 6 и ПП 14 0,1 и 0,18 соответственно), объясняется рядом эколого-биологических свойств этого вида:

– конкуренцию со стороны неморальных видов на этапе поселения пихта преодолевает за счет более крупных размеров семян и проростков и высокой теневыносливости всходов по сравнению с елью;

– при успешном поселении под пологом древостоя происходит задержка роста и индивидуального развития, выраженная в сохранении семядолей, медленном росте на начальных этапах онтогенеза, переформировании главной корневой системы на придаточную и образование ксилоризомы [4];

– пихта способна к вегетативному размножению. Данное свойство пихты сибирской обнаружено нами на высотно-поясной границе ее распространения (западный склон хр. Нары). Вегетативное размножение пихты происходит путем отводков, при этом нижние живые ветви полегают и оказываются погребенными опадом листьев и хвои или моховым покровом. На погребенных ветвях образуются придаточные корни (рис. 2). Верхняя часть погребенной ветви вследствие явления отрицательного геотропизма принимает вертикальное положение. После отмирания материнской ветви растение продолжает жить и функционировать. Проведенные учеты показали, что в производном осиннике 18 % пихт – растения вегетативного происхождения. Отметим, что пихты, образовавшиеся вегетативным путем, по внешнему виду практически неотличимы от семенных пихт.

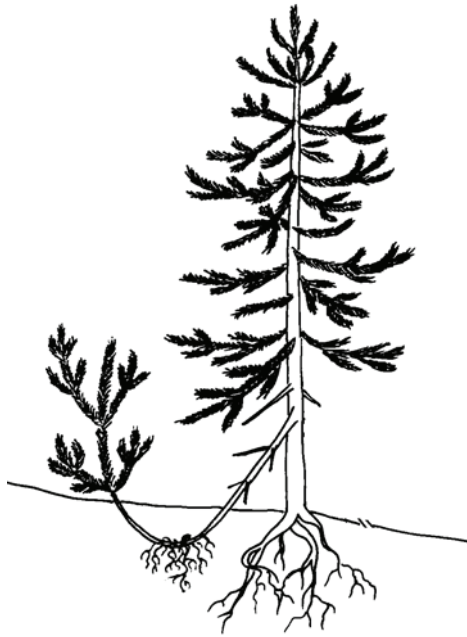


Рис. 2. Схема вегетативного размножения пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.)

**Естественное возобновление широколиственных древесных пород**

Подрост широколиственных видов древесных пород присутствует под пологом практически во всех изученных местообитаниях (исключение составляет ПП 14). На северо-западном крутом склоне сильны позиции темнохвойных видов-лесообразователей, что препятствует поселению и развитию широколиственных видов.

Из широколиственных видов наиболее успешно возобновляется липа сердцелистная (*Tilia cordata* Mill.), причем наблюдается четкая приуроченность возобновления этого вида к местообитаниям с устойчивым режимом увлажненности почв. Этим требованиям отвечают:

– условия восточного макросклона хр. Беягуш, где под пологом коренных и производных лесов количество подроста составляет 7,2–13,9 тыс. шт./га;

– условия северного макросклона хр. М. Ямантау, где под пологом коренных и производных лесов количество подроста составляет 3,3–14,1 тыс. шт./га;

– условия подошвы западного склона хр. М. Ямантау, количество подроста составляет 6,4 тыс. шт./га.

Кроме этих местообитаний, липа успешно возобновляется под пологом производных липняков, в частности, на южном склоне горы Арки (рис. 3).

Соотношение «мелкого» и «крупного» подроста липы в различных местообитаниях составляет от 0,64 до 1,96, что свидетельствует о том, что в целом данные условия благоприятны для роста и развития подроста липы. Однако для липы характерно крайне незначительное количество подроста семенного происхождения, большинство же подроста липы вегетативного происхождения.

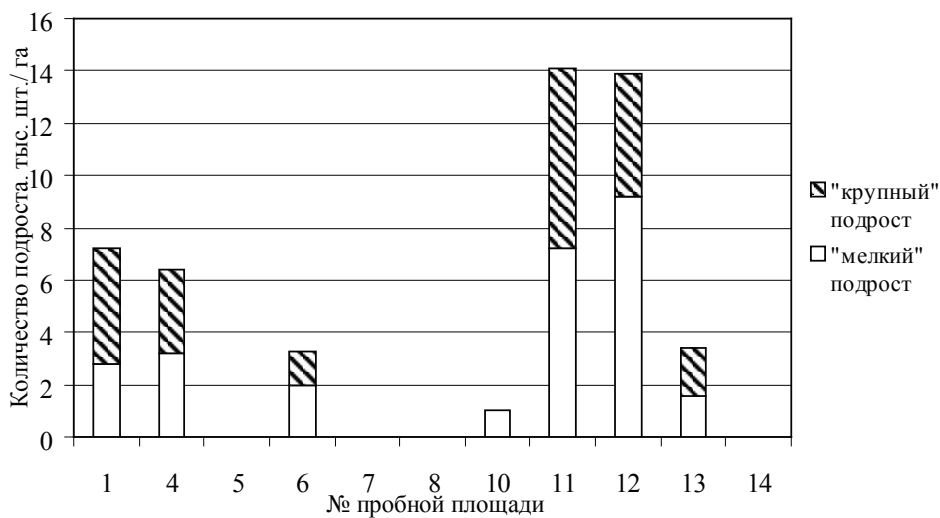


Рис. 3. Количество подроста липы сердцелистной (*Tilia cordata* Mill.) под пологом древостоев в пределах ЮУГПЗ

**Количество подроста клена остролистного (*Acer platanoides* L.), ильма горного (*Ulmus glabra* Huds.) и дуба черешчатого (*Quercus rubur* L.) под пологом древостоев в пределах ЮУГПЗ**

№ пробной площади	Количество подроста, тыс. шт. /га								
	дуб			клен			ильм		
	«мелкий»	«крупный»	всего	«мелкий»	«крупный»	всего	«мелкий»	«крупный»	всего
1	–	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	–	0,2
4	–	–	–	2,6	0,2	2,8	3,4	0,8	4,2
5	–	–	–	–	0,3	0,3	0,2	–	0,2
7	–	–	–	0,4	–	0,4	–	–	–
8	–	–	–	–	0,3	0,3	–	–	–
10	–	–	–	0	–	–	0,2	0,2	0,4
11	–	–	–	0,2	0,1	0,3	0,2	–	–
12	0,2	0,1	0,3	0,2	–	0,6	–	–	–
13	–	–	–	2,4	0,1	2,5	–	–	–

Т а б л и ц а 6

**Количество подроста осины (*Populus tremula* L.), ольхи серой (*Alnus incana* (L.) Moench) и ивы козьей (*Salix caprea* L.), под пологом древостоев в пределах ЮУГПЗ**

№ пробной площади	Количество подроста, тыс. шт. /га								
	осина			ольха серая			ива козья		
	«мелкий»	«крупный»	всего	«мелкий»	«крупный»	всего	«мелкий»	«крупный»	всего
1	–	–	–	–	0,7	0,7	0	–	–
5	–	–	–	–	–	–	0,2	–	0,2
8	–	–	–	–	–	–	–	0,1	0,1
12	0,4	–	–	–	–	–	0	–	–
13	0,8	–	–	–	–	–	0	–	–

Незначительное количество подроста клена остролистного (*Acer platanoides* L.) присутствует практически во всех изученных местообитаниях. Однако в большинстве случаев это «мелкий» подрост, единичные экземпляры которого выходят в «крупный». Возобновление ильма горного (*Ulmus glabra* Huds.) отмечено только в четырех изученных местообитаниях, причем наиболее успешно ильм возобновляется под пологом ельника на подошве западного склона хр. М. Ямантау. Подрост дуба черешчатого (*Quercus rubur* L.) присутствует только на восточном склоне хр. Белягуш (табл. 5).

#### **Возобновление мелколиственных древесных пород**

Мелколиственные породы – береза повислая (*Betula pendula* Roth.), осина (*Populus tremula* L.), ольха серая (*Alnus incana* (L.) Moench) и ива козья (*Salix caprea* L.) – традиционно считаются пионерными видами, кото-

рые успешно возобновляются на вырубках и пожарищах. Под пологом древостоев возобновление идет крайне слабо (табл. 6, рис. 4).

Для пионерных видов характерно массовое поселение с последующей массовой элиминацией. Так, подрост березы повислой встречается под пологом древостоев в пяти из семи изученных местообитаний. Однако растений, перешедших в категорию «крупного» подроста, отмечено не было (рис. 4).

#### **Выводы**

1. В целом естественное возобновление всех видов древесных пород под пологом коренных и производных лесов ЮУГПЗ оценивается как удовлетворительное. Наиболее успешно возобновительные процессы протекают в местообитаниях с относительно богатыми почвами и устойчивым режимом увлажнения (количество «крупного» подроста достигает 12,6 тыс. шт./га).

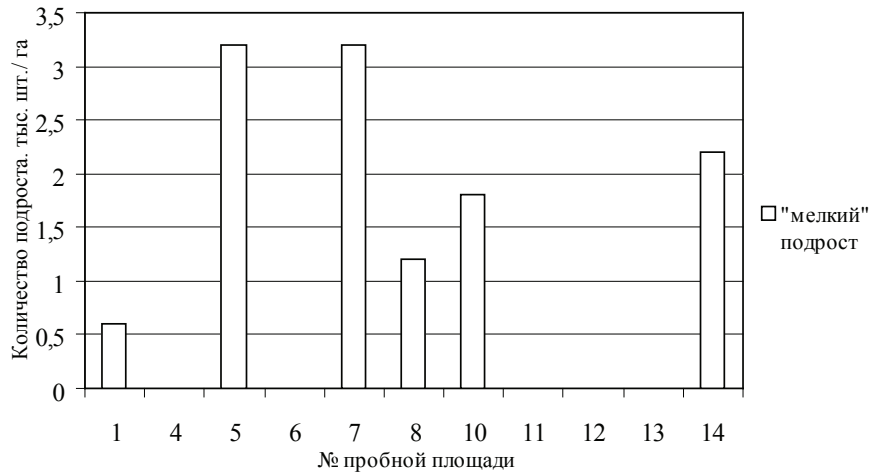


Рис. 4. Количество подроста березы повислой (*Betula pendula* Roth.) под пологом древостоев в пределах ЮУГПЗ

2. Из хвойных наиболее успешно возобновляется пихта сибирская. В местообитаниях с относительно богатыми почвами и устойчивым режимом увлажнения пихта успешно конкурирует с липой сердцелистной, на инсолируемых склонах с бедными почвами и доминированием в живом напочвенном покрове мхов – с елью сибирской.

3. Из лиственных древесных пород наиболее успешно возобновляется липа сердцелистная, что связано со способностью к вегетативному размножению.

4. Проведенные исследования позволяют прогнозировать, что в условиях заповедного режима при отсутствии антропогенного вмешательства леса с доминированием в составе темнохвойных способны к успешному самовосстановлению. На местах бывших вырубок успешное возобновление темнохвойных в отдельных местообитаниях приведет к восстановлению коренных лесных сообществ.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 05-04-97903)

#### Библиографический список

1. Алексеев, В.А. Некоторые вопросы диагностики и классификации поврежденных загрязнением лес-

ных экосистем / В.А. Алексеев // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. – Л.: Наука, 1990. – С. 38–54.

2. Горичев, Ю.П. Темнохвойные леса Южно-Уральского заповедника. Некоторые итоги их изучения / Ю.П. Горичев // Леса Башкортостана: современное состояние и перспективы: материалы научно-практической конференции. – Уфа, 1997. – С. 216–217.

3. Горичев, Ю.П. Экологический мониторинг в Южно-Уральском государственном природном заповеднике // Координация экомониторинга в ООПТ Урала: сб. науч. тр. / Ю.П. Горичев. – Екатеринбург, 2000. – С. 173–194.

4. Давыдычев, А.Н. Феномен различия календарного и биологического возрастов ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) и пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) в широколиственно-хвойных лесах Уфимского плато / А.Н. Давыдычев, А.Ю. Кулагин // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2004. – №4. – С. 28–32.

5. Колесников, Б.П. Кедровые леса Дальнего Востока / Б.П. Колесников // Труды Дальневосточного филиала АН СССР. – 1956. – 261 с.

6. Попов, Г.В. География, структура и производительность елово-пихтовых лесов Башкирии / Г.В. Попов // Охрана, рациональное использование и воспроизводство лесных ресурсов Башкирии: тезисы докладов научно-практической конференции. – Уфа: 1974. – С. 66–70.

7. Сукачев, В.Н. Методические указания к изучению типов леса / В.Н. Сукачев, С.В. Зонн. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 227 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТЬЮ И ПЕРИОДАМИ ПОВЫШЕННОЙ ГОРИМОСТИ ЛЕСОВ РЕСПУБЛИК МАРИЙ ЭЛ И КОМИ

Т.Е. КАТКОВА, *асп. каф. экономики и организации производства МарГТУ*

Лесные пожары ежегодно наносят огромный ущерб народному хозяйству и окружающей среде. Масштаб воздействия лесных пожаров на биосферу Земли позволяет относить их к глобальным явлениям. В России в зоне активной охраны лесов ежегодно регистрируется от 10 до 30 тыс. лесных пожаров общей площадью от 0,5 до 2,1 млн га. Площадь уничтожаемых пожарами лесов сопоставима с площадью лесов, вырубаемых в ходе заготовки древесины. Экономика целых районов разрушалась, если пожар уничтожал их лесосырьевую базу. Большое количество и опасность лесных пожаров, огромные потери древесных ресурсов, социальных, экологических, экономических ценностей являются основанием для усиления мер по предупреждению и борьбе с лесными пожарами. Для повышения эффективности противопожарной охраны лесов особую актуальность имеет выявление возможных закономерностей и прогнозирование периодов повышенной горимости лесов.

Рассматриваются различные факторы, оказывающие влияние на горимость лесов. Так, мнение о возможной связи повышенной горимости лесов с периодичностью в изменении солнечных пятен (чисел Вольфа) высказывал в 1978 г. И.С. Мелехов [1]. Попытки исследовать данную зависимость были осуществлены М.Е. Ткаченко, Т.В. Костыриной, которыми были получены противоречивые выводы. Т.В. Костырина в 1978 г. проводила исследование вспышек лесных пожаров на юге Хабаровского края и связи их с числами Вольфа. Для оценки степени пожарной опасности по годам ею были использованы средний класс пожарной опасности по погоде и гидротермический коэффициент Селянинова. В результате проведенных исследований Т.В. Костыриной был сделан следующий вывод: «не выявляется связь между числами

Вольфа и высокой напряженностью пожароопасных сезонов и весен и, по-видимому, такая отсутствует» [2].

С.И. Душа-Гудымом были проведены исследования зависимости хода горимости лесов РСФСР от солнечной активности за период 1931–1978 гг. Им были получены следующие выводы: «результаты анализов горимости лесов РСФСР за столетия и хода солнечной активности в течение 4-х полных и 2-х неполных 11-летних циклов показывают, что наиболее благоприятные условия для возникновения лесных пожаров в ряде регионов создаются в периоды (эпохи) максимумов и минимумов солнечной активности, определяемые числами Вольфа, и на линии (ветви) спада. Для ряда областей эта тенденция нехарактерна. Общий характер многолетнего хода горимости лесов РСФСР определяется регионами, для которых характерна установленная тенденция. В наступлении лет пожарных максимумов (пиков) по РСФСР в периоды солнечных максимумов и минимумов, а также на ветви спада солнечной активности прослеживается картина, близкая к распределению засух по группам лет максимума и минимума на европейской территории республики. Вопрос о характере связей между флуктуациями солнечной активности и горимостью лесов по отдельным регионам требует проведения дальнейших исследований» [3].

Необходимо отметить, что при исследовании данной зависимости С.И. Душа-Гудымом были использованы среднегодовые значения чисел Вольфа за период 1931–1978 гг.

Цель работы заключается в исследовании зависимости между периодическими изменениями солнечной активности (СА) и периодами повышенной горимости лесов республик Марий Эл (РМЭ) и Коми (РК).

Поставленная цель определила следующие задачи исследования:

– проанализировать многолетнюю динамику числа лесных пожаров, возникающих на территории РМЭ и РК, периодические изменения СА;

– исследовать зависимость между периодическими изменениями СА и периодами повышенной горимости лесов РМЭ и РК;

– изучить возможность использования рассматриваемой зависимости для прогнозирования всплесков горимости лесов данных республик.

Одной из особенностей солнца являются почти периодические, по крайней мере, на этапе научных наблюдений, изменения различных проявлений СА. Солнечной активностью принято называть всю совокупность наблюдаемых нестационарных явлений в атмосфере Солнца, его излучение в разных диапазонах электромагнитных волн и потоках частиц различных энергий. Усиление СА, повторяющееся через интервалы времени от 5 до 15 лет, характеризуется увеличением числа активных образований в солнечной атмосфере и образуемых их совокупностью активных областей на Солнце. Было установлено, что от минимума до максимума СА проходит в среднем 4,6 года, тогда как от максимума до минимума – 6,7 года, общая продолжительность цикла составляет около 11 лет.

Степень СА определяется индексами солнечной активности, одним из которых является число Вольфа, или относительное цюрихское число солнечных пятен. Данный индекс характеризует пятнообразовательную деятельность Солнца и вычисляется по формуле

$$W = k(f + 10g) [4],$$

где  $f$  – количество наблюдаемых на диске Солнца пятен;

$g$  – количество групп пятен;

$k$  – нормировочный коэффициент, выводимый для каждого наблюдателя и телескопа.

Этот индекс отражает вклад в СА не только от пятен, но и от всей активной области, в основном занятой факелами. Поэтому числа Вольфа хорошо согласуются с современными более точными индексами, например, величиной потока радиоизлучения от всего Солнца на волне 10,7 см. Числа Вольфа, рассчитанные на каждый день, осредняются по месяцам и годам. По этим данным строят график, отображающий уровень СА (рис. 1).

Исследование зависимости между периодическими изменениями СА и периодами повышенной горимости лесов проводилось нами для РМЭ и РК, представляющих территории с преобладанием разных групп лесных формаций (табл. 1). Леса РК представляют собой темнохвойные таежные леса. Основной лесообразующей породой в РК является ель, на долю которой приходится 56 % покрытой лесом площади (табл. 1). Породный состав в лесах РМЭ достаточно разнообразен, но в целом преобладают две лесообразующие породы – сосна и береза, занимающие примерно 75 % покрытой лесом площади (табл. 1). Таким образом, рассматриваемая зависимость выявлялась и изучалась для лесов различных типов.

По РК рассмотрен период 1950–2004 гг., включающий 4 полных 11-летних цикла СА (девятнадцатый, двадцатый, двадцать первый, двадцать второй) и неполный цикл (двадцать третий). По РМЭ рассмотрен период 1963–2004 гг., включающий 3 полных 11-летних цикла СА (двадцатый, двадцать первый, двадцать второй) и неполный цикл (двадцать третий).

Т а б л и ц а 1

**Распределение площади лесов по преобладающим породам**

Показатель	РК	РМЭ
Общая площадь земель лесного фонда	38700 тыс. га.	1174, 2 тыс. га.
Доля хвойных пород в лесопокрытой площади	81,8 %	50,9 %
Доля лиственных пород в лесопокрытой площади	18,2 %	49,1 %
Основные лесообразующие породы	Ель (56 %), сосна (25 %), береза (16 %)	Сосна (41 %), береза (35 %), ель (10 %)



**Статистические данные по числу лесных пожаров**

Субъект	Период	Число пожаров за период, шт.	Среднегодовое число пожаров за период, шт.
РК	1950–2004 гг. (55 лет)	29520	537
РМЭ	1963–2004 гг. (42 года)	5075	121

Пожары возникают в течение пожароопасного сезона, под которым понимают время, когда в лесах возможно возникновение пожаров, сезон начинается с момента схода снежного покрова и продолжается до наступления устойчивой дождливой осенней погоды. В РМЭ и РК пожароопасный сезон длится с апреля по октябрь включительно. Поэтому для изучения зависимости были рассчитаны и использованы средние значения чисел Вольфа за пожароопасный сезон по годам изучаемого периода времени, включающего по РК и РМЭ 55 лет и 42 года соответственно. Для РМЭ также использовались среднегодовые значения чисел Вольфа. По нашему мнению, использование средних значений чисел Вольфа за пожароопасный сезон, а не среднегодовых значений позволяет более точно установить и изучить зависимость между периодическими изменениями СА и периодами повышенной горимости лесов. В соответствии с установленными правилами число пожаров по годам рассматриваемых периодов показано в процентах: число пожаров по каждому году делилось на среднегодовое число пожаров за изучаемый период (табл. 2) и умножалось на 100 %.

На рис. 1 показан график многолетней динамики числа лесных пожаров в % по РМЭ и периодических изменений СА, определяемых по среднегодовым значениям чисел Вольфа. Графики многолетней динамики числа пожаров в % по РМЭ и РК и периодических изменений СА, определяемых по средним за пожароопасный сезон значениям чисел Вольфа, показаны на рис. 2 и 3 соответственно.

В результате анализа статистического материала по числу лесных пожаров и числам Вольфа, полученных графиков составлена табл. 3, в которой показаны годы экстремумов и пиков СА по 11-летним циклам СА, а также

годы пиков горимости лесов. Периоды максимумов и минимумов (экстремумов) СА по 11-летним циклам включают несколько лет, значения чисел Вольфа в которых очень близки между собой и резко отличаются от предшествующих и последующих лет цикла СА. Годы пиков СА по 11-летним циклам представляют собой годы абсолютного максимума и минимума каждого цикла СА. Под пиками горимости лесов, или пожарными максимумами, понимаются периоды наибольшей горимости лесов (рис. 1, 2, 3).

Таким образом, в течение рассматриваемых 55 лет было 10 периодов с экстремальными показателями СА: 5 минимумов и 5 максимумов. В течение рассматриваемых 42 лет было 8 периодов с экстремальными показателями СА: 4 минимума и 4 максимума. По рис. 1, 2, 3 и табл. 3 видно, что в годы экстремумов СА по 11-летним циклам СА в лесах РК и РМЭ отмечается высокая и чрезвычайная горимость. В эти годы количество и площади лесных пожаров резко возрастали, причем в некоторые из этих лет лесные пожары принимали характер стихийного бедствия. Абсолютное совпадение пиков СА и пиков горимости в РК наблюдается в 1964 г. и 2000 г., в РМЭ – в 1964 г., 1972 г., 1979 г., 1986 г., 1996 г.

Анализируя горимость лесов РМЭ в течение текущего двадцать третьего цикла СА, можно отметить, что пики горимости лесов наблюдались в 1996 г. (пик СА – минимум), 1999 г. и в 2002 г. Число лесных пожаров, возникших в 2002 г., близко к числу лесных пожаров, произошедших в РМЭ в 1972 г. Всплеск горимости лесов РМЭ в 2002 г. также связан с СА, т.к. хотя максимум активности текущего цикла СА пришелся на середину 2000 г., однако последующий спад СА вновь сменился ростом СА в начале 2002 г.

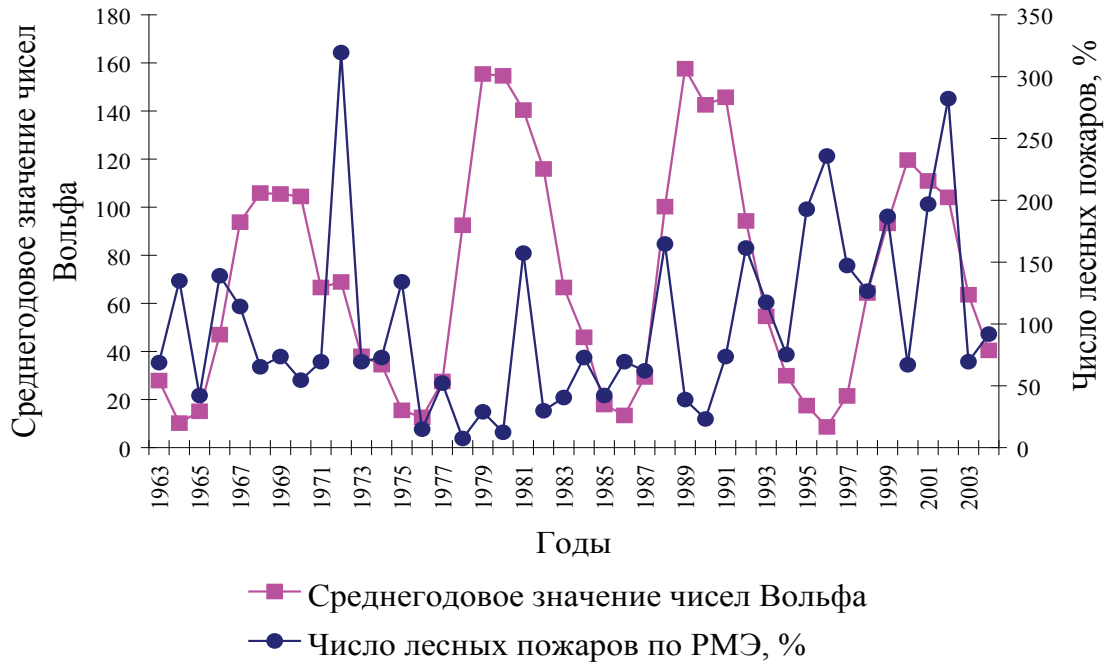


Рис. 1. Многолетняя динамика числа лесных пожаров РМЭ и величины СА по среднегодовым значениям чисел Вольфа



Рис. 2. Многолетняя динамика числа лесных пожаров РМЭ и величины СА по средним значениям чисел Вольфа за пожароопасный сезон

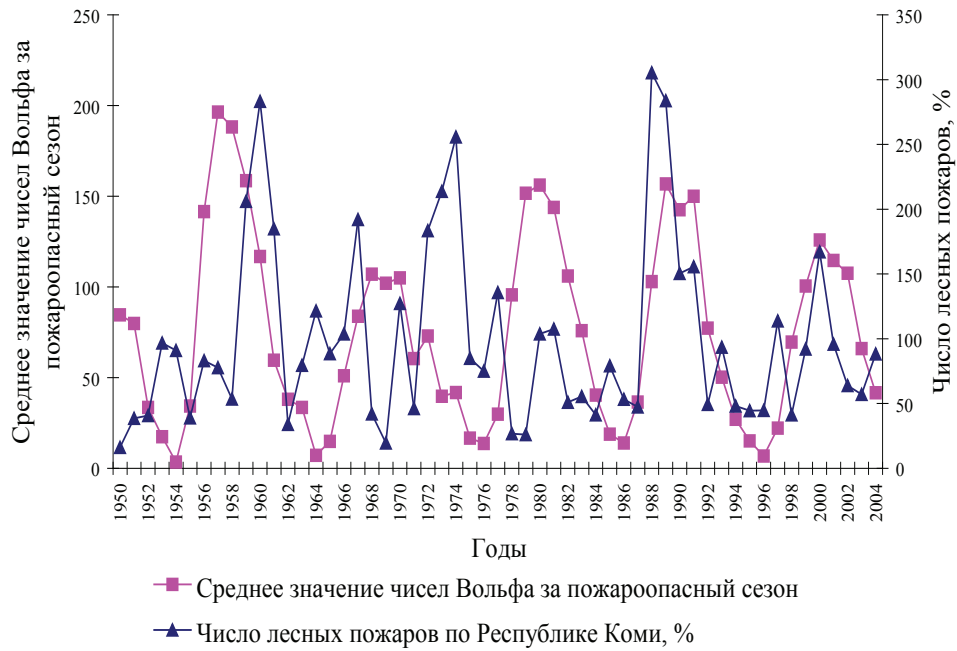


Рис. 3. Многолетняя динамика числа лесных пожаров РК и величины СА по средним значениям чисел Вольфа за пожароопасный сезон

Т а б л и ц а 3

**Соотношение минимумов и максимумов солнечной активности и периодов повышенной горимости лесов**

Годы экстремумов СА по 11-летним циклам СА	Годы пиков СА по 11-летним циклам СА	Годы пиков горимости лесов	
		РК	РМЭ
Минимум 1953 – 1954 гг.	1954 г.	1953 г.	
Максимум 1956 -1959 гг.	1957 г.	1956 г., 1960 г.	
Минимум 1964 – 1965 гг.	1964 г.	1964 г.	1964 г.
Максимум 1968 -1970 гг.	1968 г.	1967 г., 1970 г.	1966 г., 1969 г.
Максимум 1972 г.	1972 г.	1974 г.	1972 г.
Минимум 1975 – 1977 гг.	1976 г.	1974 г., 1977 г.	1975 г., 1977 г.
Максимум 1979 -1981 гг.	1979 г.	1980 г., 1981 г., 1983 г.	1979 г., 1981 г.
Минимум 1985 – 1986 гг.	1986 г.	1985 г.	1984 г., 1986 г.
Максимум 1988 -1991 гг.	1989 г.	1988 г., 1991 г., 1993 г.	1988 г., 1992 г.
Минимум 1995 – 1997 гг.	1996 г.	1997 г.	1996 г.
Максимум 1999 -2002 гг.	2000 г.	2000 г.	1999 г., 2002 г.

Т а б л и ц а 4

**Двухвершинные пожарные максимумы РМЭ**

Годы пиков горимости лесов	Годы спада горимости лесов
1964 г., 1966 г.	1965 г.
1975 г., 1977 г.	1976 г.
1977 г., 1979 г.	1978 г.
1979 г., 1981 г.	1980 г.
1984 г., 1986 г.	1985 г.
1986 г., 1988 г.	1987 г.

Необходимо отдельно рассмотреть цикл СА 1964–1976 гг., продолжавшийся 13 лет в отличие от других циклов рассматриваемого периода, продолжительность которых составляла 11 лет. В течение данного цикла СА, максимум которого был в 1968 г., на линии спада СА в 1972 г. наблюдалась аномалия, выразившаяся в том, что спад СА сменился резким ростом СА. В РМЭ в 1972 г. наблюдался всплеск горимости лесов – лесные пожары 1972 г. носили характер стихийного бедствия и вошли в историю Марийского края как одни из самых трагичных по своим последствиям. В 1972 г. в РМЭ возникло 386 пожаров площадью 186411 га, средняя площадь пожара составила 480 га. Помимо ущерба лесного хозяйства, огнем было уничтожено 3 лесных поселка, сгорело 106 жилых домов общей площадью более 7700 кв. м, пострадало 328 семей [5]. Ущерб от уничтожения жилых и производственных зданий, готовой продукции, машин и механизмов составил 1,6 млн руб. (в ценах 1972 г.) [5].

Таким образом, пожарные максимумы 1972 г. и 2002 г. являются подтверждением наличия зависимости между периодически-

ми изменениями СА и периодами повышенной горимости лесов.

В РМЭ за изучаемый период часто наблюдались двухвершинные пожарные максимумы, состоящие из двух пиков, разделяемых однолетним спадом горимости лесов (табл. 4). Для РК данная тенденция нехарактерна.

Таким образом, по результатам проведенного исследования, можно сделать вывод, что наиболее благоприятные условия для всплеска горимости лесов РМЭ и РК, представляющих собой леса различных типов, создаются в годы максимумов и минимумов солнечной активности. Данная зависимость более выражена для РМЭ, чем для РК, что связано, по нашему мнению, с тем, что территории республик характеризуются разными геофизическими условиями.

Полученные выводы подтверждаются архивными данными: на территории Марийского края в XIX в. и XX в. произошло много крупных пожаров, среди которых наиболее трагичными по своим последствиям были лесные пожары 1815, 1823, 1848, 1854, 1891, 1892, 1921, 1937, 1972 гг. [5].

Т а б л и ц а 5

**Соотношение минимумов и максимумов солнечной активности и периодов наиболее трагичных по своим последствиям лесных пожаров Марийского края**

Годы экстремумов СА по 11-летним циклам СА	Годы пиков СА по 11-летним циклам СА	Годы пиков горимости лесов
Максимум 1815–1817 гг.	1816 г.	1815 г.
Минимум 1822–1823 гг.	1823 г.	1823 г.
Максимум 1847–1849 гг.	1848 г.	1848 г.
Минимум 1855–1856 гг.	1856 г.	1854 г.
Максимум 1892–1894 гг.	1893 г.	1891 г., 1892 г.
Минимум 1922–1923 гг.	1923 г.	1921 г.
Максимум 1937–1938 гг.	1937 г.	1937 г.
Максимум 1972г.	1972 г.	1972 г.

Т а б л и ц а 6

**Прогноз периодов повышенной горимости лесов**

Годы экстремумов СА по 11-летним циклам СА	Годы пиков СА по 11-летним циклам СА	Годы пиков горимости лесов
Минимум 2006–2007 гг.	2006 г.	2006–2007 гг.
Максимум 2011–2013 гг.	2011 г.	2011–2013 гг.
Минимум 2016–2017 гг.	2016 г.	2016–2017 гг.

По данным табл. 5 видно, что наиболее трагичные по своим последствиям лесные пожары возникали в марийском крае в годы экстремумов СА; абсолютное совпадение пиков СА и пиков горимости лесов наблюдалось в 1823 г., 1848 г., 1937г., 1972 г.

Полученные выводы имеют важное значение для прогнозирования очередных всплесков горимости лесов, а следовательно, для обеспечения необходимого уровня противопожарной охраны лесов.

Результаты проведенного исследования позволяют предположить, что вероятный пик (минимум) текущего двадцать третьего цикла СА – 2006 г., в связи с чем можно сделать вывод, что очередной всплеск горимости лесов, скорее всего, будет наблюдаться в 2006–2007 гг. По нашему мнению, если не будет наблюдаться аномалий СА в течение очередного цикла СА, можно составить следующий прогноз периодов повышенной горимости лесов РК и РМЭ (табл. 6).

В годы максимумов и минимумов солнечной активности необходимо усиление

противопожарной охраны лесов, выделение большего резерва средств на тушение лесных пожаров, что позволит сократить ущерб от лесных пожаров, не допустить принятия лесными пожарами характера чрезвычайной ситуации.

#### Библиографический список

1. Мелехов, И.С. О закономерностях в периодичности горимости лесов / И.С. Мелехов: сб. работ по лесному хозяйству и лесохимии Архангельского института леса и лесохимии. – Архангельск, 1971. – С. 4–26.
2. Костырина, Т.В. Прогнозирование пожарной опасности в лесах юга Хабаровского края: автореф. дис ... канд. с.-х. наук: 06.03.03. / Т.В. Костырина. – Красноярск, 1978. – 23 с.
3. Душа-Гудым, С.И. Периодические изменения солнечной активности и лесные пожары / С.И. Душа-Гудым // Науч. тр. МЛТИ. – Вып. 176. – МЛТИ, 1985. – С. 83–88.
4. Астрономия наших дней. – 3-е изд., перераб., и доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 560 с.
5. Тресцов, Б.И. Очерки по развитию лесного хозяйства и лесных отраслей Республики Марий Эл / Б.И. Тресцов. – Йошкар-Ола: Периодика Марий Эл, 1997. – 301 с.

### САНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ДРЕВОСТОЕВ, КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ДЕГРАДАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОРОСЛЕВЫХ ДУБРАВАХ

Н.А. ХАРЧЕНКО, *проф. каф. экологии, защиты леса и охотоведения ВГЛТА, д-р биол. наук,*  
С.В. КАЛУГИНА, *асп. ВГЛТА*

Санитарное состояние порослевых дубрав имеет прямую зависимость от числа порослевых генераций, типа лесорастительных условий, возраста древостоев, ряда антропогенных воздействий, определяющих деградационные процессы (потеря ранее приобретенных свойств и качеств). Сравнительная оценка структуры древостоя по категориям жизнеспособности в зависимости от его возраста и типа лесорастительных условий проведена в Шебекенской дубраве (Белгородская область).

Доли жизнеспособных деревьев в спелых свежих дубравах ( $D_2$ ) и субдубравах ( $C_2$ ) примерно равны и колеблются в пределах 71–77%. В сухой дубраве жизнеспособные

деревья составляют основу древостоя (90%). Ограниченно жизнеспособные деревья, обычно оставляемые при выборочных санитарных рубках, также имеют большую долю на свежих легких ( $C_2$ ) и сухих ( $D_1$ ) лесных почвах по сравнению с условиями  $D_2$ . Складывается впечатление, что сухие дубравы на темно-серых почвах в пределах региона обладают в возрасте спелости наивысшей жизнеспособностью. Этот вывод подтверждается и тем, что доля нежизнеспособных деревьев хотя и несколько возрастает на свежих легких супесчаных почвах, но более чем в два раза снижается уже в условиях сухой дубравы ( $D_1$ ). Снижение доли лесного отпада (отмерших деревьев) также идет в направлении

от  $D_2$  к  $D_1$ . На этом основании спелые свежие дубравы и судубравы могут быть отнесены к классу насаждений «с нарушенной устойчивостью» (сухостоя 5–40 %), а спелые сухие дубравы – к «устойчивым (здоровым) насаждениям» (сухостоя 5–10 %) [2].

Диаметр ствола как показатель конкурентоспособности дерева у жизнеспособных деревьев во всех случаях выше, чем средний по насаждениям [1]. Самым высоким он зафиксирован в условиях  $D_2$  (32,4 см) и  $D_1$  (21,1 см). Далее по мере потери жизнеспособности деревьев он снижается закономерно во всех типах лесорастительных условий, что свидетельствует о первоочередном отборе именно ослабленных деревьев. «Низовой тип течения древесного опада» (гибель главным образом угнетенных деревьев) характерен в условиях свежей дубравы и свежей судубравы. Это явление считается закономерным в древостоях приспевающих и спелых. В сухой спелой дубраве отмечается склонность к «пропорциональному» типу течения лесно-

го опада, когда вероятность гибели деревьев всех рангов жизнеспособности примерно одинаковая. Этот тип течения лесного опада характерен для более молодых древостоев, и его тенденции в спелых сухих дубравах свидетельствуют о незавершенности в них процессов дифференциации деревьев по ступеням толщины. Таким образом, более высокая устойчивость сухих дубрав региона подтверждается и соответствующим типом течения лесного опада.

Общая доля жизнеспособных деревьев в перестойных порослевых дубравах и судубравах ниже, чем в рассмотренных выше спелых насаждениях, но соотношение ее по типам лесорастительных условий сохраняется, как и в предыдущем случае. В условиях сухих дубрав количество жизнеспособных деревьев остается самым высоким (76 %). Процент ограниченно жизнеспособных деревьев наибольший в условиях  $C_2$ , что свидетельствует здесь о более интенсивных деграционных процессах.

Т а б л и ц а 1

**Структура древостоя по категориям жизнеспособности спелых порослевых дубрав в условиях  $D_1, D_2, C_2$**

ТЛУ	Жизнеспособные			Ограниченно жизнеспособные			Нежизнеспособные			Лесной отпад			Всего		
	n	%	Ср. d	n	%	Ср. d	n	%	Ср. d	n	%	Ср. d	n	%	Ср. d
$D_2$	69	71	32,4 ± 0,82	3	3	29,3 ± 4,39	6	6	26,0 ± 2,08	19	20	23,9 ± 1,12	97	100	30,2 ± 0,74
$C_2$	82	77	26,2 ± 0,52	5	5	24,0 ± 2,82	8	8	17,5 ± 1,31	11	10	18,4 ± 1,51	106	100	24,6 ± 0,54
$D_1$	164	90	31,1 ± 0,46	8	4	31,0 ± 11	5	3	23,4 ± 1,88	6	3	29,3 ± 2,61	183	100	30,8 ± 0,43

Т а б л и ц а 2

**Структура древостоев по категориям жизнеспособности деревьев в зависимости от классов возраста в условиях  $D_2$**

Возраст (лет)	Жизнеспособные			Ограниченно жизнеспособные			Нежизнеспособные			Лесной отпад			Всего		
	n	%	Ср. d	n	%	Ср. d	n	%	Ср. d	n	%	Ср. d	n	%	Ср. d
40*	5	19	17,0 ± 1,65	–	–	–	–	–	–	22	81	16,0 ± 0,58	27	100	16,1 ± 0,56
40	22	71	29,7 ± 1,11	–	–	–	–	–	–	9	29	24,4 ± 0,83	31	100	28,2 ± 0,93
60	84	38	26,1 ± 0,49	43	19	22,1 ± 0,66	41	18	19,0 ± 0,67	55	25	14,5 ± 0,42	223	100	21,2 ± 0,41
85	69	71	32,4 ± 0,82	3	3	29,3 ± 4,39	6	6	26,0 ± 2,08	19	20	23,9 ± 1,12	97	100	30,2 ± 0,74
100	47	54	36,0 ± 1,21	5	6	37,0 ± 3,13	14	16	31,5 ± 1,95	21	24	26,6 ± 1,61	87	100	33,1 ± 0,93
180	23	85	76,3 ± 4,23	1	4	85,0	1	4	49,0	2	7	53,5	27	100	73,9 ± 4,2

\* Деревья семенного происхождения (посадка саженцами, выращенными в питомнике).

Таким образом, по количеству жизнеспособных деревьев свежие дубравы, как и в предыдущих случаях, отстают. И все же перестойные дубравы и судубравы региона, независимо от типа лесорастительных условий не выходят за пределы класса насаждений «с нарушенной устойчивостью»; сохраняется в них до 100–120-летнего возраста и «низовой тип древесного отпада».

Сорокалетние древостои дуба представлены культурами, созданными в 1965 г. В связи с их ослабленностью, вызванной отсутствием ухода, к 40-летнему возрасту произошел распад насаждения (замещение порослевым возобновлением группы древесных пород, в том числе спутников дуба). На пробной площади в 0,5 га пересчетом установлено 138 деревьев, из которых доля дуба составляет лишь 42 %, при этом половина дубков уже образовалась в результате порослевого возобновления. Среди уцелевших деревьев семенного происхождения только 19 % жизнеспособных; деревья ограниченно жизнеспособные и нежизнеспособные отсутствуют, а лесной отпад составляет 81 %, средний диаметр сухостоя равен среднему диаметру деревьев семенного происхождения (пропорциональный тип течения древесного отпада). Приведенные данные свидетельствуют о том, что древостой, первоначально образованный как культуры дуба, в результате образовавшегося очага опенка осеннего полностью утратил жизнеспособность. Дуб, возникший здесь в результате порослевого возобновления, характеризуется более высокой жизнеспособностью (71 %), а доля его отпада составляет 29 %. Диаметр сухостоя порослевого дуба несколько ниже среднего по этой группе деревьев, что дает основание отнести ее ко второму классу по степени устойчивости («насаждения с нарушенной устойчивостью»), а тип течения древесного отпада – к «низовому».

Шестидесятилетние порослевые древостои порослевого дуба в условиях  $D_2$  имеют 32 % жизнеспособных деревьев, а их диаметр превосходит среднее значение по древостою ( $i = 1,23$ ). Ограниченно жизнеспособные и не-

жизнеспособные деревья представлены примерно равными долями (19–18 %). Но если средний диаметр ограниченно жизнеспособных деревьев практически равен среднему значению по древостою ( $i = 1,05$ ), то средний диаметр нежизнеспособных деревьев уже заметно уступает ему ( $i = 0,89$ ). Группа лесного отпада достигает 25 % от общего числа деревьев дуба, и средний диаметр его существенно ниже среднего значения по древостою ( $i = 0,68$ ). Все это свидетельствует о том, что процесс утраты устойчивости в приспевающих насаждениях порослевого дуба идет достаточно интенсивно, но тип течения древесного отпада – выражено «низовой».

В спелых древостоях порослевого дуба процесс нарушения устойчивости начинает сворачиваться. За счет отпада отстающих в росте (угнетенных) деревьев заметно возрастает доля жизнеспособных (71 %); их, как и в других случаях, отличают большие диаметры стволов ( $i = 1,07$ ). Ограниченно жизнеспособные и нежизнеспособные деревья представлены единичными экземплярами, что указывает на снижение процесса потери жизнеспособности. Среди все еще обильного лесного отпада (20,0 %) преобладает старый сухостой, диаметр которого уступает среднему значению по насаждению ( $i = 0,79$ ).

В столетних древостоях порослевого дуба жизнеспособные деревья достигают 54 %. При этом процесс ослабленности (ограниченно жизнеспособные) начинает охватывать и наиболее развитые деревья ( $i = 1,12$ ). Даже нежизнеспособные деревья демонстрируют практически «пропорциональный» тип течения древесного отпада ( $i = 0,95$ ), и только лесной отпад представлен деревьями несколько отстающими в росте ( $i = 0,80$ ).

В 160–180 лет порослевые древостои дуба приобретают черты «стабилизирующей жизнеспособности». Их породный состав становится более сложным. Жизнеспособные деревья достигают своих верхних для региона пределов (85 %), их диаметры близки к средним по древостою ( $i = 1,03$ ). Деревья, теряющие жизнеспособность, единичны.

По степени устойчивости такие насаждения могут быть отнесены к здоровым, в которых текущий отпад не превышает норм для определенных типов лесорастительных условий и возраста.

### Выводы

1. Порослевые древостои дуба в условиях рассматриваемого региона по их санитарному состоянию относятся к классу насаждений «с нарушенной устойчивостью»; характерным для них во всех типах лесорастительных условий является «низовой» тип течения древесного отпада.

2. Признаки нарушенной устойчивости свойственны порослевым дубравам на протяжении всего их развития, и проявляются они наиболее выражено в приспевающих и спелых древостоях.

3. Порослевые древостои в условиях сухой дубравы отличаются более высокой жизнеспособностью, а процесс их относи-

тельного оздоровления наступает уже в начале перестойного возраста.

4. Выраженное стабильное нарушение устойчивости дубрав с преобладанием в них «низового» типа течения древесного отпада является прямым следствием многократного порослевого возобновления и рассматривается как процесс деградации.

### Библиографический список

1. Демаков, Ю.П. Защита растений (жизнеспособность и нежизнеспособность древесных растений): учебное пособие / Ю.П. Демаков. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2002. – 72 с.
2. Мозолевская, Е.Г. Методы лесопатологических обследований очагов стволовых вредителей и болезней / Е.Г. Мозолевская, О.А. Катаев, Э.С. Соколова. – М.: Лесная пром-сть, 1984. – 152 с.
3. Харченко, Н.А. Динамика отмирания дубрав учебно-опытного лесхоза ВЛТИ и прогнозирование их дальнейшего санитарного состояния / Н.А. Харченко // Надзор за вредителями и болезнями леса и совершенствование мер борьбы с ними. – М.: ВНИИЛМ, 1981. – С. 202–203.

## КОМПЛЕКС НЕКРОЗНЫХ БОЛЕЗНЕЙ КРОН ДУБА И ЕГО РОЛЬ В НАРУШЕНИИ УСТОЙЧИВОСТИ ПОРОСЛЕВЫХ ДУБРАВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ

С.В. КАЛУГИНА, *асп. ВГЛТА*

При некрозных болезнях поражаются кора, камбий и наружные слои древесины стволов, ветвей и побегов. Эти болезни способны вызвать довольно быстрое отмирание отдельных побегов ветвей, а в некоторых случаях большей части ветвей кроны дерева. Возбудителями некроза служат преимущественно аскомицеты и анamorфные грибы.

В порослевых дубравах региона наиболее массово фиксируются некрозы кроны на фоне ослабления деревьев дефолиацией листогрызущими насекомыми и поражения мучнистой росой. Начиная с 2000 г. поражение листьев и молодых побегов именно мучнистой росой становится в регионе повсеместным явлением и достигает чрезвычайно высокой интенсивности. Не успевающие одревеснеть по этой причине побеги побиваются осенними заморозками и низкими отрицательными тем-

пературами зимы. Следующее за этим заражение некрозными болезнями происходит через участки мертвой коры. После некоторого развития в мертвой ткани болезнь распространяется на соседние живые участки, вызывая отмирание в кроне ветвей различного порядка. Некрозные болезни первоначально поражают годовичные побеги и ветви 2–3 лет, а затем переходят на более старшие и крупные, вызывая их прогрессирующее отмирание и, как следствие последнего, сильное изреживание кроны. Некрозы массово проявляются чаще в нижнем ярусе кроны, а по мере ее ослабленности охватывают ее всю. На дубе наиболее распространенными являются клитрисовый, черный немоспоровый, нуммуляриевый, виллеминиевый некрозы [1–4]. Обычными для изучаемого региона считаются возбудители из родов клитрис и цитоспора.



**Динамика поражения крон некрозом в древостоях различных классов возраста свежей дубравы**

Возраст древостоя (лет)	Степень повреждения крон некрозом										Без повреждений			
	Слабая (1/3 кроны)			Средняя (1/2 кроны)			Сильная (2/3 кроны)			Всего		n	%	Ср. d
	n	%	Ср. d	n	%	Ср. d	n	%	Ср. d	n	%			
40	5	23,8	32,4 ± 2,7	–	–	–	1	4,8	30,0	6	28,6	15	71,4	29,3 ± 1,34
60	64	38,1	25,0 ± 0,6	14	8,3	21,7 ± 0,99	56	33,3	19,5 ± 0,47	134	79,7	34	20,3	27,7 ± 0,82
85	5	6,4	33,2 ± 2,41	1	1,3	30,0	6	7,7	24,3 ± 0,61	12	15,4	66	84,6	32,4 ± 0,86
100	26	39,4	38,5 ± 1,43	–	–	–	19	28,8	31,7 ± 1,67	45	68,2	21	31,8	34,0 ± 1,88
180	6	24,0	59,0 ± 7,68	2	8,0	67,0	–	–	–	8	32,0	17	68,0	82,4 ± 4,48

Крупные сучья старовозрастных деревьев поражаются грибами из рода стереем, вызывающими белую периферическую гниль.

Некروزные болезни крон в молодых, средневозрастных древостоях порослевого дуба охватывают не более третьей части деревьев (28,6 %). Преобладает здесь слабая степень повреждения (83,3 %). Сильная степень повреждения встречается в данном возрастном периоде значительно реже (16,7 %). При этом болезнь охватывает пропорционально деревья всех ступеней толщины. Более того, диаметры стволов деревьев со слабой и сильной степенью повреждения могут быть даже несколько выше средних значений по древостою. Последнее свидетельствует о том, что некروزные болезни преимущественно поражают в этот период деревья более развитые, т. е. не выходят за рамки естественного очищения стволов от сучьев и всего лишь сопровождают процесс формирования крон дуба на данном этапе его развития. При этом поражаются преимущественно ветви нижней части крон, испытывающие сильное затенение.

В приспевающих и спелых древостоях порослевого дуба в условиях свежей дубравы повреждения крон некрозом достигают 79,7 %. Примерно половина крон с признаками болезни характеризуются слабой, 10,4 % – средней и 41,8 % – сильной степенью повреждения. Деревья со слабой степенью повреждения крон имеют диаметры стволов, близкие к неповрежденным экземплярам. С увеличением степени повреждения диаметры

стволов имеют тенденцию к уменьшению, т. е. болезнь снижает жизнеспособность деревьев и более интенсивно развивается на ослабленных экземплярах. Следовательно, развитие некروزов крон в приспевающих и спелых древостоях уже явно выходит за пределы процесса очищаемости стволов от сучьев и может рассматриваться как одна из причин деградации древостоев порослевого дуба.

В перестойных древостоях происходит оздоровление порослевого дуба за счет отпада интенсивно поврежденных болезнью деревьев.

### Выводы

1. Деревья со слабым повреждением крон некрозом обычно сохраняют жизнеспособность. Снижение жизнеспособности проявляется при среднем поражении, а при сильном деревья утрачивают жизнеспособность.

2. В рамках процесса очищения стволов от сучьев поражение крон некрозом не выходит за пределы слабой степени. При этом диаметры пораженных деревьев бывают близкими к средним значениям по древостою или превышают их.

3. Деревья со значительным повреждением крон некрозом характеризуются минимальными значениями диаметров стволов, что указывает на угнетающее воздействие и высокую патогенность болезни при интенсивном ее развитии.

4. В средневозрастных и приспевающих порослевых древостоях дуба свежей дубравы идет интенсивное разрушение крон

некрозом; в свежей судубраве болезнь развивается с некоторым опережением.

5. В спелых порослевых древостоях дуба в условиях  $D_2$ ,  $C_2$ ,  $D_1$  интенсивность некрозного разрушения крон по сравнению с приспевающими древостоями явно снижается, а в условиях  $D_1$  развитие болезни не превышает уровней процесса очищаемости стволов от сучьев.

6. В перестойных порослевых дубравах в условиях  $D_2$ ,  $C_2$ ,  $D_1$  наблюдается новая волна нарастания некрозных заболеваний, вызывающих переформирование структур крон жизнеспособных деревьев и изменение породного состава древостоев за счет интен-

сивного отпада нежизнеспособных деревьев. Наиболее ярко эти процессы выражены в условиях  $D_2$ ,  $C_2$ ; в условиях  $D_1$  фиксируется более высокая сопротивляемость к некрозу.

#### Библиографический список

1. Власов, А.А. Негнилевые болезни стволов и ветвей лиственных пород / А.А. Власов, Р.А. Крангауз. – М.: Гослесбумиздат, 1963. – 48 с.
2. Нечаев, Ю.А. Опасные болезни дубрав Воронежской области / Ю.А. Нечаев // Природные ресурсы Воронежской области и их охрана. – Воронеж: ВГУ, 1974. – С. 79–81.
3. Семенкова, И.Г. Лесная фитопатология / И.Г. Семенкова. – М.: МГУЛ, 2001. – 201 с.
4. Федоров, Н.И. Лесная фитопатология / Н.И. Федоров. – Минск: Высшая школа, 1987. – 178 с.

## ПЛАНИРОВАНИЕ ОЗЕЛЕНИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

И.В. САНАЕВ, *асп. каф. садово-паркового строительства МГУЛ*

В Москве на каждого жителя приходится около 16,0 м<sup>2</sup>. озелененных территорий. Это соответствует удельной обеспеченности зелеными насаждениями в крупнейших городах развитых стран, таких, как Берлин и Прага, а также значительно превышает показатели Нью-Йорка (8,6 м<sup>2</sup>), Лондона (7,5 м<sup>2</sup>), Парижа (6 м<sup>2</sup>), Токио (4,8 м<sup>2</sup>). В 2004 г. в Москве было высажено 116 тыс. деревьев (в 2003 г. – 120 тыс.) и более 542 тыс. кустарников (в 2003 г. – 380 тыс.), отремонтирован и создан более 831 га газон (на уровне 2003 г.).

Площадь городских цветников в 2004 г. доведена до 421 тыс. м<sup>2</sup> (в 2003 г. – 319 тыс.). Проведен эксперимент по вертикальному цветочному оформлению. На 37 улицах и магистралях города было установлено более 10 тыс. различных конструкций с декоративными цветочными растениями, в том числе свыше 1,5 тыс. – на балконах и в лоджиях жилых зданий.

На проведение озеленительных работ направляются средства трех основных источников: городского бюджета по разделу «Охрана окружающей природной среды и природных ресурсов», целевых бюджетных фондов развития территорий админис-

тративных округов, Целевого бюджетного территориального экологического фонда. В 2004 г. из этих источников финансирования на озеленение направлены средства в объеме 3608 млн р. Из них в бюджете города были предусмотрены средства в размере около 1370 млн р. (в 2003 г. – 922 млн р.), из которых 424 млн р. приходится на восстановительный ремонт зеленых насаждений и 946 млн р. – на содержание зеленых насаждений.

Префектурами из средств целевых бюджетных фондов развития территорий административных округов на эти цели запланировано около 406 млн р. Остальные средства приходятся на долю Целевого бюджетного территориального экологического фонда (ЦБТЭФ).

В 2004 г. из средств ЦБТЭФ на компенсационное озеленение израсходовано 1 833 млн р. (в 2003 г. – 851 млн р.), что составляет 84 % от общего объема расходной части фонда (в 2003 г. – 74 %). В том числе 60 % этих средств (1040 млн р.) были направлены на реконструкцию и капитальный ремонт существующих озелененных территорий и 40 % средств (793 млн р.) – на создание объектов нового озеленения.

Средства ЦБТЭФ распределяются в соответствии с объемами средств, полученных от утраты зеленых насаждений на территориях конкретных округов на основании оплаченных порубочных билетов. Такой механизм распределения средств компенсационного озеленения закреплен Законом г. Москвы «О защите зеленых насаждений». Всего в 2004 г. за вырубку зеленых насаждений поступило средств объемом свыше 2054 млн р.

Планирование озеленительных работ предусмотрено Генеральным планом развития г. Москвы до 2020 г. В соответствии с расчетными показателями на 2004 г. предусматривалось проведение работ по созданию новых объектов озеленения и реконструкции существующих объектов на площади 1375 га. Однако фактически эти работы были выполнены на площади лишь 1083 га – 79 % от планового задания (причина – несвоевременное представление проектно-сметной документации и необоснованные изменения адресных списков).

Планирование, разработку ежегодных программ по озеленению осуществляет Департамент жилищно-коммунального хозяйства и благоустройства города Москвы по представлению префектур административных округов.

В 2004 г. впервые программа озеленительных работ была в основном сбалансирована по объемам работ, источникам и объемам финансирования и имела конкретную адресную привязку. До 2004 г. планируемые объемы работ не были связаны с финансированием, и их объемы в 1,5–2 раза превышали реальное финансовое обеспечение. Это приводило к накоплению кредиторской задолженности административных округов перед подрядными организациями, выделенные средства «распределялись» по мелким участкам, и расходовались в основном на текущий ремонт существующих объектов озеленения. В 2004 г. такое положение дел в целом удалось изменить.

Существенным упущением при подготовке программы 2004 г. явилась неспособность префектур административных округов представить проектно-сметную документацию

на создание новых объектов озеленения (за исключением СВАО и ЗелАО), а нереализованные префектурами средства ЦБТЭФ порядка 396 млн руб., были направлены на объекты Департамента градостроительной политики, развития и реконструкции г. Москвы.

В соответствии с постановлением Правительства Москвы разработка Генеральной схемы озеленения Москвы до 2020 г. должна была быть завершена еще в IV квартале 2003 г. Однако в 2004 г. Москомархитектурой по заказу ГУП «Мосзеленхоз» подготовлена только концепция Генеральной схемы.

В целом за период 2001–2004 гг. проинвентаризировано чуть более 3 тыс. га городских озелененных территорий, что составляет всего лишь 6,7 % от их общей площади. Единый реестр зеленых насаждений в целом по городу не ведется, единый регламент по проведению инвентаризации зеленых насаждений отсутствует. Не создана и электронная база данных о зеленых насаждениях города. Необходимо признать, что учет зеленых насаждений в городе организован неудовлетворительно.

При существующей системе озеленительные работы проводятся, как правило, без предварительно разработанных, согласованных и утвержденных проектов. Вместо них готовятся исполнительные схемы. В то же время обязательность проектирования при создании, реконструкции и капитальном ремонте зеленых насаждений регламентируется распоряжениями и постановлениями Правительства Москвы.

Так, в 2003 г. было разработано и реализовано только 7 проектов на 1057 объектах озеленения. Большая часть средств была потрачена на озеленение незначительных объектов, при этом часто приоритет отдавался реконструкции газонов, посадке деревьев вместо погибших, т.е. работам, не требующим разработки проектов и не являющимся компенсационным озеленением. Фактически средства были потрачены на текущий ремонт зеленых насаждений, финансирование которых должно осуществляться за счет иных средств.

Практика реализации работ без проекта осуществлялась и в 2004 г.

В 2004 г. Объединением административных технических инспекций г. Москвы совместно с Департаментом природопользования и охраны окружающей среды Москвы обеспечивался контроль за качеством выполнения работ по уходу за зелеными насаждениями и капитальному ремонту объектов озеленения. Комиссионно в присутствии представителей заказчиков и подрядных организаций, проверено 1099 объектов озеленения, обследовано 35 770 деревьев, 293 987 кустарников и 468,6 га газонов, в том числе: средняя по городу приживаемость деревьев по этим объектам составила 93,8 % при нормативной 90 %; приживаемость кустарников – 95,3 % при нормативной 85 %.

По территориям административных округов приживаемость ниже нормативной (как по деревьям, так и по кустарникам) отмечена в Восточном административном округе – соответственно 85,2 % и 83,9 %. В том числе по следующим объектам озеленения:

– по ул. Салтыковская (р-н Новокосино; средства ЦБТЭФ) весной 2003 г. посажено 685 деревьев, отпад составил 164 дерева (24,4 %);

– по Зеленому проспекту (р-н Перово; средства ЦБТЭФ) весной 2003 г. посажено 1260 кустарников, 378 из которых в настоящее время отсутствуют (отпад 30 %);

– по ул. Перовская, Плехановская, 1,2,3,6-я Владимирские, шоссе Энтузиастов (р-н Перово; бюджет) из высаженных 92 деревьев и 232 кустарников отсутствуют 24 дерева (26,1 %) и 73 кустарника (31,5 %);

– по Зеленому пр., вл. 74 (р-н Новогиреево; бюджет) осенью 2003 г. посажено 54 дерева, отсутствуют 42 (77 %);

– на территории ДК «Строитель» (р-н Измайлово; бюджет) в 2003 г. посажено 470 кустарников, отсутствуют 334 (71,1 %);

– по магистрали от Богородского моста с выходом на существующую набережную р. Яуза (р-н Сокольники; средства ЦБТЭФ) весной 2003 г. посажено 50 деревьев, отсутствуют 24 (48 %);

– по Б. Купавенскому пр. и ул. Челябинская (р-н Ивановское; бюджет) осенью 2003 г. посажено 50 деревьев, отпад 25 деревьев (50 %);

– в Терлецком лесопарке, кв. 2 (ГУ «Московское городское управление лесами»; средства ЦБТЭФ) весной 2003 г. посажено 100 деревьев, отсутствуют 40 (40 %); осенью 2003 г. посажено еще 200 деревьев, отпад – 53 дерева (26,5 %).

Также ниже нормативной приживаемость деревьев в Зеленоградском административном округе – 85,7 %. В том числе:

– в 11 мкр. (средства ЦБТЭФ) посажено 60 деревьев, прижилось 43 (71,7 %);

– в 12 мкр. (средства ЦБТЭФ) посажено 140 деревьев, прижилось 118 (84,3 %);

– в 15 мкр. (средства ЦБТЭФ) посажено 35 деревьев, прижилось 27 (77,1 %);

– в 18 мкр. (средства ЦБТЭФ) посажено 200 кустарников, прижилось 165 (82,5 %).

В Юго-Восточном административном округе:

– по ул. Генерала Кузнецова (ГУП «Мосзеленхоз»; средства ЦБТЭФ) зимой 2002-2003 гг. посажено 170 деревьев, отпад 38 деревьев (22,3 %).

В Западном административном округе:

– по Аллее Советско-Чехословацкой Дружбы (р-н Солнцево, средства ЦБТЭФ) зимой 2003 г. высажено 154 дерева, отпад 26 деревьев (14 %);

– по ул. Дорогобужской (р-н Кунцево, бюджет) весной 2004 г. высажено 100 деревьев, отпад 14 (14 %);

– по ул. Ярцевская (р-н Кунцево, бюджет) весной 2003 г. высажено 46 деревьев, отпад 12 деревьев (26,1 %);

– по ул. Раменки (р-н Раменка, бюджет) весной 2003 г. высажено 50 деревьев, отпад 10 деревьев (20 %).

Необходимо отметить повышение процента отпада деревьев с увеличением срока после посадки. Так, при посадке весной 2004 г. (проверка через полгода после посадки) процент отпада деревьев в среднем по городу составил 4,1 %, при посадке весной

2003 г. (через полтора года после посадки) уже 7,1 %.

Приживаемость деревьев и кустарников ниже на объектах, работы по озеленению которых выполнялись за счет бюджета (90,8 % у деревьев, 88,8 % у кустарников), по сравнению с объектами, профинансированными за счет средств ЦБТЭФ (95,2 % и 95,4 % соответственно). Приживаемость кустарников (2 340 шт.), высаженных за счет бюджета города в Восточном административном округе, составила всего 54 % (отпад – 1076 кустарников).

Состояние насаждений и газонов в городе в целом удовлетворительное.

По объектам гражданского строительства обследовано 176 объектов озеленения, в т.ч. 10289 деревьев, 160620 кустарников, 97,2 га газонов. Средняя приживаемость деревьев составила 90 % при нормативной 90 %. Приживаемость кустарников 95,8 % (нормативная – 85 %). Ниже нормативной оказалась приживаемость деревьев, высаженных весной 2003 г. (89,9 %) и весной 2004 г. (86,7 %).

По территориям административных округов приживаемость деревьев ниже нормативной отмечена в Северном – 82,3 %, Северо-Восточном – 89,8 %, Восточном – 88,8 %, Юго-Восточном – 89,5 %, Южном – 85,4 % и Зеленоградском – 87,8 %. По кустарникам во всех административных округах приживаемость выше нормативной. Состояние зеленых насаждений в целом удовлетворительное. В то же время имеются объекты с ослабленными растениями в округах Северном, Южном, Восточном, Юго-Восточном и Зеленоградском.

В ходе проверки низкая приживаемость зеленых насаждений выявлена на следующих объектах:

ВАО: С.Измайлово, кв. 51-52, кор. 12 – приживаемость по деревьям 78,6 %, заказчик – ТУКС-5, подрядчик – МСМ – 5;

САО: Зап. Дегунино, мкр. 11А, к. 1,5-6 – приживаемость по деревьям 84 %, ул. Дыбенко, вл. 14, кор.1 – приживаемость по деревьям 78,8 %, заказчик МФС-6, подрядчик ООО «Фолин-99»;

ЮАО: Борисовские пруды, кор. 10, – приживаемость по деревьям 76,2 %, кор. 18, приживаемость по деревьям – 83,3 %, заказчик – МФС-6, генеральный подрядчик – Мосэнергострой;

СЗАО: Куркино, мкр. 12, кор. 5 – приживаемость по деревьям 37 %, мкр.12, кор.6 – приживаемость по деревьям 70 %, мкр. 6, кор. 4 – приживаемость по кустарникам 50.

В целом приживаемость и состояние зеленых насаждений, созданных при объектах гражданского строительства, ниже, чем насаждений, высаженных по общегородским озеленительным программам. Во многом это обусловлено тем, что Департамент природопользования и охраны окружающей среды Москвы лишен возможности эффективного влияния на итоги озеленительных работ при приемке объектов, законченных строительством, т.к. представитель Департамента в перечень должностных лиц, подписывающих акт (форма ИГАСН 43/04), не входит. При этом обязательным приложением к акту является заключение по состоянию объекта благоустройства, подписанное только представителем ГУП ГлавАПУ, который не имеет отношения к оценке качества выполненных работ по озеленению.

Правительство Москвы одобрило программу по озеленению города на 2006–2008 гг. Как сообщил на заседании Правительства Москвы разработчик программы, руководитель Департамента жилищно-коммунального хозяйства и благоустройства города Артур Кескинов, объем финансирования программы составит 11,4 млрд рублей.

Программа предусматривает создание 68 рекреационных объектов на площади 538,8 га. Будут продолжены работы по реставрации 21 памятника садово-паркового искусства. Также в течение трех лет планируется реконструировать 206 озелененных территорий на площади 92 га, произвести реконструкцию озелененных территорий вдоль основных улиц города.

Кроме того, программа предусматривает увеличение объемов цветочного оформления – с 590 тыс. м<sup>2</sup> до 703,1 тыс. м<sup>2</sup>.

## ЛАНДШАФТНАЯ АРХИТЕКТУРА ПОГРЕБАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ КИТАЯ

Е.В. ГОЛОСОВА, *Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН*

Погребальные комплексы в Китае представляют собой своеобразные дворцы императоров после их смерти. Как правило, погребальные комплексы строились еще при жизни императоров и требовали не меньших затрат, чем жилые дворцы, зачастую с более роскошными и грандиозными парками. В письменных источниках (летописях) времен Ханьской династии записано, что «когда император восходил на трон, на следующий год его правления первый министр начинал строить для него могилу», причем эту фразу надо понимать именно в прямом, а не переносном смысле.

Когда цинский император Сюаньцзун вззошел на трон, он начал строить для себя погребальный дворец в Цинском восточном погребальном комплексе (Дунмин), расположенном в Цзуньхуа в провинции Хэбэй. Через семь лет, когда строительство было завершено, дворец императору не понравился, и он велел его разобрать и построить новый в Западном погребальном комплексе (Силин) – в той же провинции Хэбэй, но в местности Исиань.

Также в китайских летописях отмечено, что в погребальном дворце Цинь Ши Хуана, Первого императора династии Цинь, располагались залы и комнаты для сотен чиновников, кладовые с драгоценностями, запасы масла для светильников, глиняные фигуры солдат и лошадей. Соответственно можно себе представить, насколько огромны были площади этих погребальных дворцов. О том же свидетельствуют развалины погребальных комплексов Цяньмин Танской династии в Цяньсяне (провинция Шаанси) и Гунсянь Сунской династии в провинции Хэнань.

Несмотря на то, что подземные части почти всех дворцов разрушены, подземные галереи и залы, заполненные каменными и глиняными фигурами людей и животных, красноречиво говорят о масштабах бывшего строительства.

Принцип выбора места для погребальных дворцов был, естественно, другим, в отличие от выбора места для жилья. Погребальные дворцы строились за пределами столиц, в живописной местности, вдали от любых населенных пунктов, чтобы покой императора ничем не нарушался. Планировка погребальных дворцов сначала была очень похожа на планировку действующего императорского дворца, где в передней части размещались все официальные службы, а жилые покои располагались позади. Но постепенно их планировка приобрела собственные отличительные черты, основанные на представлениях о загробной жизни императора и его нуждах и удобствах. Так, например, в реальной жизни его гражданские и военные чиновники императорского двора стояли на коленях по обеим сторонам трона. В погребальном дворце их заменили каменные изваяния людей и животных в боковых галереях. Во дворце в главном здании обязательно имелся большой зал для больших празднований, а в погребальном дворце его заменил зал для поминальных церемоний в честь самого императора. На месте жилых покоев в задней части погребального дворца находились помещения с саркофагами, т.е. место его непосредственного захоронения.

Сегодня погребальные комплексы Минской и Цинской династий относительно хорошо сохранились. Когда Минские императоры перенесли столицу из Нанкина в Пекин, началось строительство нового погребального комплекса для 13 последующих императоров династии недалеко от новой столицы. Они были размещены у подножия гор Тяньшоушань примерно в 40 километрах от столицы. С трех сторон этот погребальный комплекс окружен горами, и только с юга к нему ведет открытая долина. Расположение погребальных дворцов и основная ось комплекса по направлению север – юг повторяют, насколько позво-

ляет рельеф местности, размещение построек в жилых и дворцовых комплексах.

С южной стороны у входа на пекинскую равнину возвышаются две горы – Луншань (Гора Дракона) и Хушань (Гора Тигра), олицетворяя собой природные южные (главные) ворота комплекса.

Прежнее название горной местности Хуантушань (Горы желтой земли) было переименовано императором Чжу Ди в Тяньшоушань (Горы небесного долголетия), когда он посмотрел местность и дал согласие на строительство.

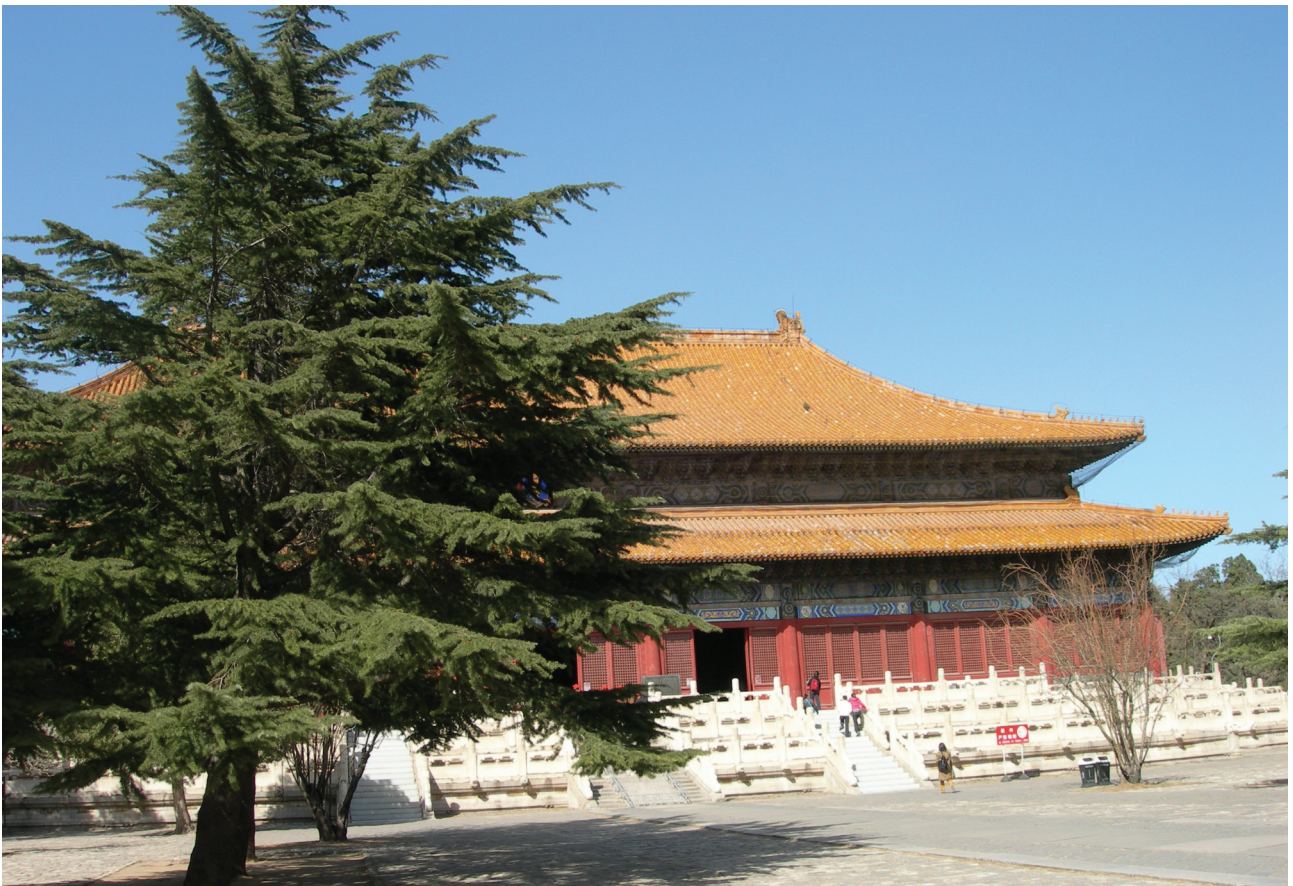
На границе комплекса между горами Дракона и Тигра расположены ворота Дахунмень (Большие красные ворота), в свое время они были единственным входом в район Минских могил. Перед воротами ранее стоял столб «Сямабэй» – буквально «сойди с коня», что означало, что дальше можно идти только пешком. Это своеобразная дань уважения императорам. От ворот начинается священ-

ная дорога, по обеим сторонам которой стоят двадцать четыре каменных скульптуры священных животных: по четыре льва, слона, верблюда, коня, «сечьжи» и «цилиня» (два последних – это фантастические животные).

Все скульптуры животных имеют символическое значение: лев – грозность, сила, охрана; слон – счастье; верблюд – символ бескрайней земли; конь – основное средство передвижения и перевозки; «сечьжи» – помогает избегать беды; «цилинь» – означает мир и богатство.

Далее вдоль священной дороги стоят двенадцать каменных фигур – по четыре военных, светских чиновников и ученых, они продолжают служить императорам и защищать императорский дворец.

Раньше при каждом подземном дворце был павильон, куда потомки приносили богатые жертвоприношения предкам. В настоящее время остался только один – Линьэньдянь – при дворце третьего Минского им-



Парк Чанлин в окрестностях Пекина



Парк Чанлин в окрестностях Пекина





Парк Бейлин, Шеньян

ператора. Крышу павильона поддерживают шестнадцать 10-метровых колонн, сделанных из цельных стволов ливанского кедра. Перед павильоном – две жертвенные печи, где сжигали принесенную жертву (ароматические благовония).

Из 13-ти захоронений вскрыто только одно – подземный дворец Динлин, где покоятся останки третьего Минского императора Чжу Цзююаня и двух его жен. Любопытно, что погребальный дворец начали строить, когда императору, взошедшему на престол в 10 лет, было всего 22 года – за 35 лет до его смерти.

Раскопки дворца Динлин были произведены в 1955 г. в научно-исследовательских целях для изучения истории династии Мин. Площадь дворца – 1250 м<sup>2</sup>, и он находится на глубине около 21 м под землей. Он построен из кирпича и камня, и в нем нет ни одной колонны. В состав дворца входят шесть помещений.

Кроме национального парка комплекса захоронений династии Мин, хорошо сохранились и всемирно известны захоронения последней императорской династии Китая, расположенные в «северной столице», в городе Шеньян. С 1927 г. погребальный комплекс Чжао Лин стал общедоступным парком, раскинувшимся на площади 330 га, но золотая черепица и красные стены построек все же свидетельствуют об императорском значении места.

Погребальный комплекс Чжао Лин построен для Второго императора Цинской династии Тай Цзуна и императрицы Сяодуаньвань в 1643 г. Непосредственно перед императорским кладбищем раскинулся огромный

парк, где растут старые сосны, можжевельники, кипарисовики, земля покрыта чудесными травами. По берегам водоема, площадь которого составляет около 30 га, растут традиционные плакучие ивы. Возраст некоторых сосен парка – более 300 лет, их называют «живыми реликвиями», и они имеют собственные имена, такие, как «Дерево Феникса», или «Святое дерево», что говорит о попытке передать через образ растений гармонию формы и духа. Пейзажный парк говорит о грандиозности проведенных работ: огромный водоем, дорога к захоронениям длиной более полутора километров, мост, ведущий на остров, заросший сливовыми деревьями и камелиями. На берегах водоема сооружены несколько площадок из белого камня, огражденных балюстрадами. С них можно кормить рыб, любоваться лотосами и отражением в воде неба и растений. В конце главной аллеи перед воротами в зоны захоронений симметрично с двух сторон установлены традиционные фигуры животных, реальных и мифических, и столб, предлагающий спешиться всадникам. Собственно зона захоронений занимает 48 га площади с 38 постройками различного назначения, исполненных в архитектурном стиле Минской династии.

Уникальный ландшафт парка Бейлин, созданный на основе природного комплекса, свидетельствует о высоком профессионализме и преемственности поколений китайских садовников, сумевших не только создать, но и сохранить прекрасный архитектурный ансамбль императорского погребального комплекса Чжао Лин.

## ГОРОД И ЗЕЛЕННЫЕ НАСАЖДЕНИЯ

И.В. САНАЕВ, *асп. каф. садово-паркового строительства МГУЛ*

Ученые считают, что уже в начале XXI в. более половины населения земного шара будет жить в городах. Число городов-миллионеров быстро растет. В середине XIX в. было всего 4 города, население которых превышало миллион человек, в 1920 г. – 25, в 1960 – 140. Сейчас их количество приближается

к 200. Происходит не только рост отдельных городов, но и срастание их между собой, появление гигантских городских образований, получивших название мегаполисов.

Расширяясь, поглощая рощи, поля, луга, водоемы и болота, покрывая землю асфальтом, устремляясь ввысь и вглубь, города

изменяют облик нашей планеты. Жизнь в новой среде накладывает отпечаток на психику человека, существенным образом сказывается на его здоровье.

Одна из самых острых проблем большого города – техногенное загрязнение атмосферы. Источники его во всех городах примерно одинаковы. Это промышленные предприятия, автотранспорт, ТЭЦ и т.д. Каждый автомобиль в год выбрасывает в воздух 1 т свинца, легковой автомобиль сжигает за каждые 1–1,5 тыс. км пробега 1 т кислорода.

В этих условиях становится особенно важной роль зеленых насаждений. Растения поглощают из окружающей среды различные химические вещества, так что посадкой древесно-кустарниковых пород и разбивкой газонов можно значительно уменьшить концентрацию токсичных газообразных соединений в воздухе. Например, если содержание сернистого газа в воздухе у проезжей части дороги составляет 0,062–0,328 мг/м<sup>3</sup>, то в парке по соседству эти величины снижаются уже до 0,040–0,062 мг/м<sup>3</sup>. Только одно дерево способно поглотить в течение вегетации до 12 кг сернистого газа. Деревья и кустарники также механически задерживают содержащуюся в воздухе пыль.

Велика роль растений в смягчении неблагоприятного температурного режима и влажности воздуха. Например, в Москве в жаркий солнечный день стены зданий нагреваются до 52 °С. Деревья и кустарники, высаженные вдоль домов, уменьшают их нагревание, снижая температуру поверхности стен на 22–35 %. Зрелое дерево способно транспирировать в день свыше 300 л воды, увеличивая влажность воздуха на расстоянии, в 20 раз превышающем его высоту. Парки и скверы увеличивают влажность воздуха на 30 %. Лучшие испарители – липа, дуб, катальпа, тополь и лиственница.

Растительность, как известно, обогащает атмосферу кислородом, снижает уровень шума, предотвращает эрозию почв, и, что также очень важно, украшает город. Надо только помнить, что при закладке зеленых на-

саждений следует учитывать экологические особенности разных видов деревьев, кустарников и даже газонных трав и обеспечивать их рациональное сочетание.

### Состояние зеленых насаждений г. Москвы

Москва – крупнейший мегаполис. Здесь на площади 107,1 тыс. га проживает около 8,6 млн человек; размещается более 7 тыс. предприятий производственной сферы (промышленных, строительных, связи), около 500 энергетических объектов. Автотранспорт столицы насчитывает около 2 млн единиц.

Земли, на которых расположены источники загрязнения (предприятия промышленности, транспорта, бытового обслуживания, улично-дорожная сеть, свалки и т.д.), в совокупности занимают около 51 тыс. га – 48 % площади города. До сих пор в черте Москвы есть территории захоронения твердых отходов и участки, отведенные под поля фильтрации жидких отходов. Застройка же территорий бывших городских свалок и полей фильтрации зачастую происходит без соответствующей подготовки.

Более 30 % территории Москвы занято жилыми кварталами. Для строящихся новых жилых микрорайонов характерна повышенная плотность застройки. При этом не остается места для зеленых насаждений, а во дворах домов их вытесняют стоянки личных автомобилей, гаражи.

Свободные земли, составляющие около 23 % территории города, в основном используются под стихийные свалки, огороды, строительство гаражей, что приводит к уничтожению растительности и загрязнению почв, а также воды, если на территории расположены реки, ручьи или другие водоемы.

Зеленые насаждения на территории Москвы занимают 30,8 % общей площади. Правда, распределены они в городе крайне неравномерно. Их площади максимальны в Восточном (4,97 тыс. га) и Юго-Западном (2,85 тыс. га) округах, и минимальны – в Северном, Центральном и Южном (0,83; 0,85; 0,9 тыс. га соответственно). В целом в столице на одного жителя приходится 40 м<sup>2</sup> всех видов

зеленых насаждений и 16 м<sup>2</sup> насаждений общего пользования. По этому показателю первенствуют Зеленоград – 50 м<sup>2</sup> и Восточный округ – 39 м<sup>2</sup>, а в Северном, Центральном и Южном округах на одного москвича приходится менее 8 м<sup>2</sup> зеленых насаждений общего пользования.

В Москве, возникшей среди бескрайних лесных просторов, до сих пор сохранились небольшие участки лесов. К границам города с запада подступают хвойно-широколиственные подмосковные леса, с востока, со стороны песчаной Мещеры, – преимущественно сосновые, с юга – дубовые и липовые, частично уцелевшие на карбонатной Теплостанской возвышенности, с севера – еловые леса. Самый большой лесной массив в пределах Москвы – Лосиный остров. Его площадь 11 тыс. га, из которых 8 тыс. га расположены за кольцевой дорогой. Здесь участки вековых еловых и сосновых лесов чередуются с липовыми, дубовыми рощами, в числе которых 300-летняя Алексеевская дубрава. Всего на территории Лосиногостовского острова произрастает более 300 видов древесных и травянистых растений и обитает около 200 видов животных, в их числе ряд крупных млекопитающих (лось, кабан и др.).

Битцевский лес с широколиственными породами – липой, дубом, кленом – примыкает к южной границе города. Его площадь – 1800 га. У восточных окраин Москвы расположены крупные лесные массивы – Измайловский (1437 га) и Кузьминский (26 га) парки.

Небольшие лесные массивы сохранились и внутри города. Они явились основой 17 лесопарков и ряда парков, таких, например, как Сокольники. Сохранились в Москве и старинные парки (Коломенское, Фили-Кунцево, Кусково и др.), при создании которых творчески использовались рельеф местности, водоемы, естественные и искусственные насаждения. Большинство же современных парков города создавалось не на месте естественных зеленых массивов. Так, Центральный парк культуры и отдыха был создан в 1928 г. на месте бывших свалок.

Помимо лесопарков, в городе имеются 94 парка и 18 благоустроенных садов.

Старейший среди них, Нескучный сад, раскинулся на крутом берегу реки Москвы. Хорошо известны москвичам Александровский сад, расположенный, у стен Кремля, и четыре ботанических сада с большим количеством видов растений.

Неотъемлемой частью озеленения Москвы являются 160 бульваров с аллеями деревьев и кустарников, цветниками и газонами, а также 427 скверов.

Помимо всех этих насаждений общего пользования, в столице озеленены территории жилых кварталов, общественных зданий, больниц, детских и спортивных учреждений, есть насаждения специального назначения – санитарно-защитные зеленые зоны вокруг промышленных предприятий, вдоль автотрасс и железных дорог, водоохранные зоны и т.п.

Но развитие сети зеленых насаждений, к сожалению, отстает от темпов роста города. В ходе застройки были утрачены первоначально резервируемые под озеленение участки, ряд рек заключен в трубы, на грани уничтожения оказались многие малые реки Москвы, засыпаны многочисленные овраги и ручьи, служившие естественными дренажами.

Существующая озелененность города составляет лишь 33 % от оптимальной и не может (особенно с учетом неравномерного распределения по территории) в полной мере обеспечить средозащитную, санитарно-гигиеническую и рекреационную функции. К тому же наблюдается снижение обеспеченности горожан зелеными насаждениями общего пользования: с 18,4 м<sup>2</sup> в 1975 г., до 17,3 м<sup>2</sup> в 1985 г. и указанных выше 16 м<sup>2</sup> в 1995 г. Происходит уменьшение площади лесов и в пределах Лесопаркового защитного пояса Москвы (ЛПЗП), выделенного в 1935 г. для обеспечения охраны природы в ближайшем к столице окружении. Площадь ЛПЗП составляет около 180 тыс. га, но лесистость этой территории сейчас не превышает 37 % при средней лесистости по Московской области 42 %. Прежде крупные лесные массивы в пределах ЛПЗП прерываются в настоящее время зонами застройки, транспортными ма-

гистральями, промышленными объектами, инженерными коммуникациями. Это нарушение целостности ЛПЗП уменьшает его защитные свойства, санитарные и рекреационные функции. Кроме того, все леса, лесопарки, скверы, бульвары и другие озелененные территории города и ближайшего Подмосковья испытывают высокую антропогенную, в том числе техногенную нагрузку. Они подвергаются химическому, физическому, биологическому и комплексному загрязнению.

Наибольшую опасность для зеленых насаждений представляют загрязнение водного и воздушного бассейнов, почвы и избыточное рекреационное воздействие. Под их влиянием изменяется скорость роста растений и накопления биомассы, происходит утрата ценных пород деревьев (сосны, ели, дуба, липы, лиственницы). По мере накопления загрязняющих веществ в почвах и тканях растений зеленые насаждения теряют свою биологическую устойчивость и при высоких уровнях промышленных и автотранспортных выбросов могут в короткие сроки деградировать.

Наиболее уязвимы хвойные массивы – сосняки, ельники. Признаки их техногенного поражения выражаются в сокращении жизни хвои (с 4–6 до 1–4 лет у сосны и с 24 до 9–14 лет у ели), ее побурении, изреживании крон, суховершинности, падении бонитета хвойных насаждений.

Лиственные породы более устойчивы к загрязнению окружающей среды, но и они страдают, особенно в зонах влияния выбросов автотранспорта и промышленных предприятий. В зеленой массе уменьшается содержание хлорофилла, ткани растений изменяют цвет на желтый, охристый, поражаются хлорозом. Более сильное поражение вызывает некроз тканей, при котором листья покрываются пятнами красно-бурого, коричневого цвета.

Повышенное содержание в воздухе оксидов азота, которые наряду с двуокисью серы наиболее опасны для растений, вызывает чрезмерное разрастание в коре мелких водорослей, выражающееся в позеленении стволов

и нижних ветвей деревьев. Это явление стало особенно заметным в последние годы.

Геохимическими исследованиями установлена связь пораженности растений с повышенной концентрацией ряда химических элементов (свинца, олова, ванадия, стронция, серебра, кобальта, меди, цинка) вблизи предприятий черной и цветной металлургии, машиностроения, полиграфии, автомобильных дорог. Отмечены признаки усыхания у 87 % деревьев, произрастающих вдоль крупных магистралей, и у 31 % на газонах.

Сильно поражена растительность в крупных промышленных зонах города. В первую очередь это территория площадью 166 км<sup>2</sup> на юго-востоке столицы, где сосредоточены нефтеперерабатывающий завод, АЗЛК, литейно-механический завод, ЗИЛ и вся зона предприятий от Нагатино до Хاپиловки. Меньшие участки сильного поражения растительности имеются в Краснопресненско-Филевском промузле (24 км<sup>2</sup>), Бусиновской и Коровинской промзонах (12 км<sup>2</sup>), Калозино (5 км<sup>2</sup>), Дегунино-Лихоборах, Тушино и др.

На большей части территории города (Сокольники, большая часть Измайловского парка, Лосиног острова) растительность имеет среднюю степень пораженности. Слабо поражена растительность в западной, юго-западной и южной окраинной частях Москвы, а также на отдельных участках на севере.

Негативно влияет на растительность и чрезмерная рекреационная нагрузка. Она приводит к уплотнению почвы, нарушению растительного покрова, многочисленным механическим повреждениям комлевой части деревьев, уничтожению и повреждению подраста и подлеска и т.д. Непоправимый ущерб природе наносит массовый сбор цветов и трав, хотя на территории Москвы и запрещено собирать любые дикорастущие растения. Под угрозой исчезновения находятся ландыш майский, кувшинка, сон-трава, венерин башмачок, волчье лыко, любка душистая, купальница европейская, колокольчик персиколистный, ирис желтый и др. В настоящее время 130 видов местных растений считают-

ся редкими и уязвимыми, 29 видов подлежат специальной охране на территории Москвы и области, 11 видов – охране в Московской области.

Для улучшения состояния растительности города и ЛПЗП необходимо снизить

уровень загрязнения воздушной и водной среды, почвенного покрова, уменьшить антропогенные нагрузки, вводить в насаждения устойчивые к техногенным нагрузкам растения, сохранять и формировать крупные лесопарковые массивы.

## ОБОСНОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ РАБОЧИХ КАМЕР ЛЕСНЫХ СЕМЯОЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Н.Д. ГОМЗЯКОВ, *ст. науч. сотр. ЦНИИМЭ, канд. техн. наук*

В качестве рабочих камер для отделения крылаток от семян в лесных семяочистительных машинах могут использоваться обескрыливающие устройства различных конструкций [4, 5]. Проведенный анализ существующих способов обескрыливания лесных семян показал, что наиболее эффективным и, пожалуй, универсальным является механический способ, который осуществляется ударным воздействием рабочих органов о семена в сочетании с истиранием крылатки и проталкиванием семян через отверстия плетеных сетчатых поверхностей [3]. Реализация механического способа обескрыливания наиболее эффективна в рабочих камерах барабанного типа непрерывного действия с вертикальной, горизонтальной и наклонной осями вращения рабочих органов. Для научно обоснованного выбора рабочих камер, обеспечивающих создание наиболее перспективных новых и совершенствование существующих лесных семяочистительных, проведены исследования, которые отражены в данной работе.

Для решения поставленной задачи применен метод многокритериального ранжирования рабочих камер семяочистительных машин (поиск наилучших конструкций) по совокупности таких показателей, как техническое совершенство, технические, технологические и эксплуатационные показатели конструкций, т.е.

$$F = \{F_i\}, i = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

которые всесторонне учитывают качественные и количественные характеристики рас-

сматриваемых конструкций и технологических процессов, выполняемых ими. К таким характеристикам можно отнести:

$F_1$  – полнота обескрыливания семян;

$F_2$  – степень травмирования семян;

$F_3$  – производительность рабочей камеры, исходя из технологических соображений;

$F_4$  – масса машины;

$F_5$  – универсальность (возможность использования конструкции рабочей камеры для обработки других видов семян);

$F_6$  – компактность и простота конструкции (габариты, простота, технологичность изготовления и т.д.);

$F_7$  – технологическая вписываемость в схему семяочистительной машины и возможность совмещения с другими машинами в технологической цепи поточной линии для обработки семян хвойных пород;

$F_8$  – технологические возможности (реализация рабочего процесса и возможность регулировки режимов и параметров процесса);

$F_9$  – эксплуатационные возможности (простота эксплуатации, обслуживания и замены сменных или изношенных рабочих органов);

$F_{10}$  – энергоемкость рабочего процесса.

Все перечисленные характеристики расположены по степени важности в убывающей последовательности. Количественно из них могут быть оценены полнота обескрыливания и степень травмирования семян, про-

изводительность и масса рассматриваемой конструкции. Совокупность таких показателей обозначим через  $K = \{K_i\}, i = 1, 2, \dots, n$ . Все остальные показатели количественной оценке не поддаются. Обозначим эту совокупность критериев через  $P = \{P_i\}, i = 1, 2, \dots, m$ .

С целью упрощения анализа сведем  $K$ -показатели к одному агрегированному критерию  $K_a$ . Для этого применим метод линейной сверстки критериев [1, 2].

Учитывая, что рассматриваемые показатели имеют различную размерность, переходим к безразмерным (нормированным) критериям  $k_i$  по формуле

$$k_i = \frac{K_i - K_{i \min}}{K_{i \max} - K_{i \min}}, \quad (2)$$

где  $K_{i \max}$  и  $K_{i \min}$  – соответственно максимальное и минимальное значения критерия  $K_i$ .

Отметим, что если увеличение критерия  $K_i$  приводит к ухудшению технического совершенства, технологических и эксплуатационных показателей обескрыливателей, то нормированное значение соответствующего частного (конкретного) критерия определяется по формуле

$$k_i = 1 - \frac{K_{i \max} - K_i}{K_{i \max} - K_{i \min}}. \quad (3)$$

Агрегированный критерий найдем в виде взвешенной суммы частных критериев

$$K_a = \sum_{i=1}^n S_i k_i, \quad (4)$$

где  $S_i$  – степень важности каждого критерия.

При сравнении объектов по  $K$ -критериям лучшим будет считаться тот, который имеет наибольшее значение агрегированного критерия.

Учитывая, что все критерии неравнозначны по важности, степень важности каждого критерия определена методом экспертных оценок. В опросе участвовали 11 специалистов из ведущих учебных заведений и научно-исследовательских учреждений страны по лесному хозяйству, занимающихся проектированием и созданием семяочистительных машин. Эксперты давали свои оценки ( $S_i$ ) по 10-балльной шкале, после чего оценка степени важности каждого критерия усреднялась. Окончательно степень важности ( $S_i$ ) каждого критерия назначалась пропорционально данным экспертов из условия, чтобы сумма значений степеней важности всех критериев была равна единице, т.е.

$$\sum_{i=1}^i S_i = 1.$$

Согласованность мнений экспертов проверена по общепринятой методике [1] с помощью коэффициента конкордации, который для данных, представленных в табл. 1, составляет 0,76.

Т а б л и ц а 1

Результаты опроса экспертов о степени важности критериев

Критерии экспертизы	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$	$F_6$	$F_7$	$F_8$	$F_9$	$F_{10}$
№1	0,19	0,18	0,09	0,12	0,08	0,06	0,11	0,06	0,07	0,06
№2	0,20	0,20	0,06	0,13	0,07	0,04	0,09	0,08	0,09	0,04
№3	0,21	0,21	0,07	0,12	0,07	0,06	0,08	0,07	0,09	0,02
№4	0,18	0,19	0,08	0,10	0,08	0,05	0,09	0,09	0,09	0,05
№5	0,19	0,18	0,08	0,12	0,05	0,04	0,08	0,10	0,10	0,03
№6	0,22	0,22	0,05	0,14	0,05	0,05	0,06	0,10	0,10	0,01
№7	0,20	0,20	0,05	0,09	0,07	0,05	0,07	0,10	0,10	0,02
№8	0,15	0,21	0,06	0,13	0,08	0,06	0,08	0,09	0,09	0,05
№9	0,16	0,24	0,06	0,10	0,09	0,07	0,07	0,10	0,08	0,03
№10	0,18	0,28	0,09	0,11	0,07	0,06	0,07	0,10	0,10	–
№11	0,16	0,23	0,08	0,13	0,06	0,05	0,06	0,10	0,11	0,02
Среднее $S_i$	0,185	0,205	0,07	0,117	0,0727	0,0536	0,0791	0,09	0,103	0,03
Степень важности $S_i$	2,04	2,28	0,77	1,26	0,80	0,59	0,87	0,99	1,13	0,33
	$S_k = 0,577$				$S_p = 0,423$					

Использование понятия степени важности критериев позволяет для пары произвольно взятых объектов (рабочих камер)  $l_\tau$  и  $l_j$  ввести количественную меру  $P$ -критериев. Для этого совокупность  $P$ -критериев разбивают на три класса  $A(l_\tau, l_j)$ ;  $B(l_\tau, l_j)$ ;  $C(l_\tau, l_j)$ , причем для класса  $A$  выполняется условие  $P\tau i > P_{ji}$ , для класса  $B - P\tau i < P_{ji}$ , для класса  $C - P\tau i = P_{ji}$ . Здесь знак «>» означает «лучше», знак «<» – «хуже», знак «=» – «равнозначны». После чего предпочтительность одного объекта над другим определяют по значению так называемого индекса согласия [1].

$$S_c = \frac{1}{S} \left( \sum_{S_i \in A} S_i + \frac{1}{2} \sum_{S_i \in C} S_i \right), \quad (5)$$

где  $S = \sum_{i=1}^m S_i$ .

В случае, если  $S_c > 0,5$ , лучшим считается рабочая камера  $l_\tau$ , если  $S_c < 0,5$ , то  $l_j$  будет лучшей рабочей камерой для лесной семяочистительной машины. Если же  $S_c = 0,5$ , то рабочие камеры  $l_\tau$  и  $l_j$  равнозначны с позиции  $P$ -критериев. Заметим, что в выражении (5) величина  $1/2$  означает, что при сравнении двух объектов предпочтение одного над другим выявить сложно, а поэтому им дается равная оценка, т.е.  $0,5$ .

$$S_k = \sum_{S_i \in k} S_i, \quad (6)$$

а индекс согласия

$$S_p = \sum_{S_i \in p} S_i. \quad (7)$$

В рассматриваемом нами случае оказалось:  $S_k = 0,577$ ;  $S_p = 0,423$ .

Таким образом, более важным является агрегированный критерий (индекс согласия), поэтому на основании его значения следует принимать окончательное решение о предпочтительности рабочих камер семяочистительных машин.

Алгоритм ранжирования рабочих камер (объектов) имеет итеративный характер и состоит в следующем.

**Шаг 1.** Для произвольной пары рабочих камер  $l_\tau$  и  $l_j$  определяем агрегированные критерии и индекс согласия. Лучшей рабочей

камере присваиваем первый номер по порядку, худшему – второй.

**Шаг 2.** Из оставшихся рабочих камер произвольно выбирают объект  $l_\mu$  и сравнивают его по описанным выше критериям с лучшим по порядку.

**Шаг 3.** Если рабочая камера  $l_\mu$  окажется хуже сравниваемой, то выполняют шаг 5, если лучше, то ей присваивают номер сравниваемой рабочей камеры, а номера всех следующих по порядку рабочих камер увеличивают на единицу.

**Шаг 4.** Сравнивают номер последней рабочей камеры с общим количеством рабочих камер. Если окажется, что они равны, то процедуру ранжирования прекращают, если не равны, то выполняют шаг 2.

**Шаг 5.** За сравниваемой рабочей камерой сохраняют ее номер, а объект  $l_\mu$  сравнивают со следующим по порядку до тех пор, пока не отыщется худший по сравнению с  $l_\mu$ . Выполняют шаг 3.

Представленную процедуру ранжирования можно выполнять в диалоговом режиме, используя ЭВМ. Формализовать задачу полностью, к сожалению, не удастся, поскольку в некоторых случаях предпочтение может оказаться неявным и окончательное решение принимает исследователь.

Если не требуется ранжировать рабочие камеры, а нужно отыскать среди них лучшую, то процедура поиска упрощается и ограничивается первыми четырьмя шагами.

Используя вышеописанную методику, произведено ранжирование рабочих камер барабанного типа семяочистительных машин различных конструкций и поиск наилучших из них. Схемы сравниваемых рабочих камер представлены на рис. 1, а их основные технические характеристики приведены в табл. 2.

Произведем расчет агрегированного критерия ( $K_a$ ) и индекса согласия ( $S_c$ ) на примере сравнения двух объектов № 1 и № 2 (цилиндрического обескрыливателя с вертикальной и горизонтальной осью вращения рабочих органов).



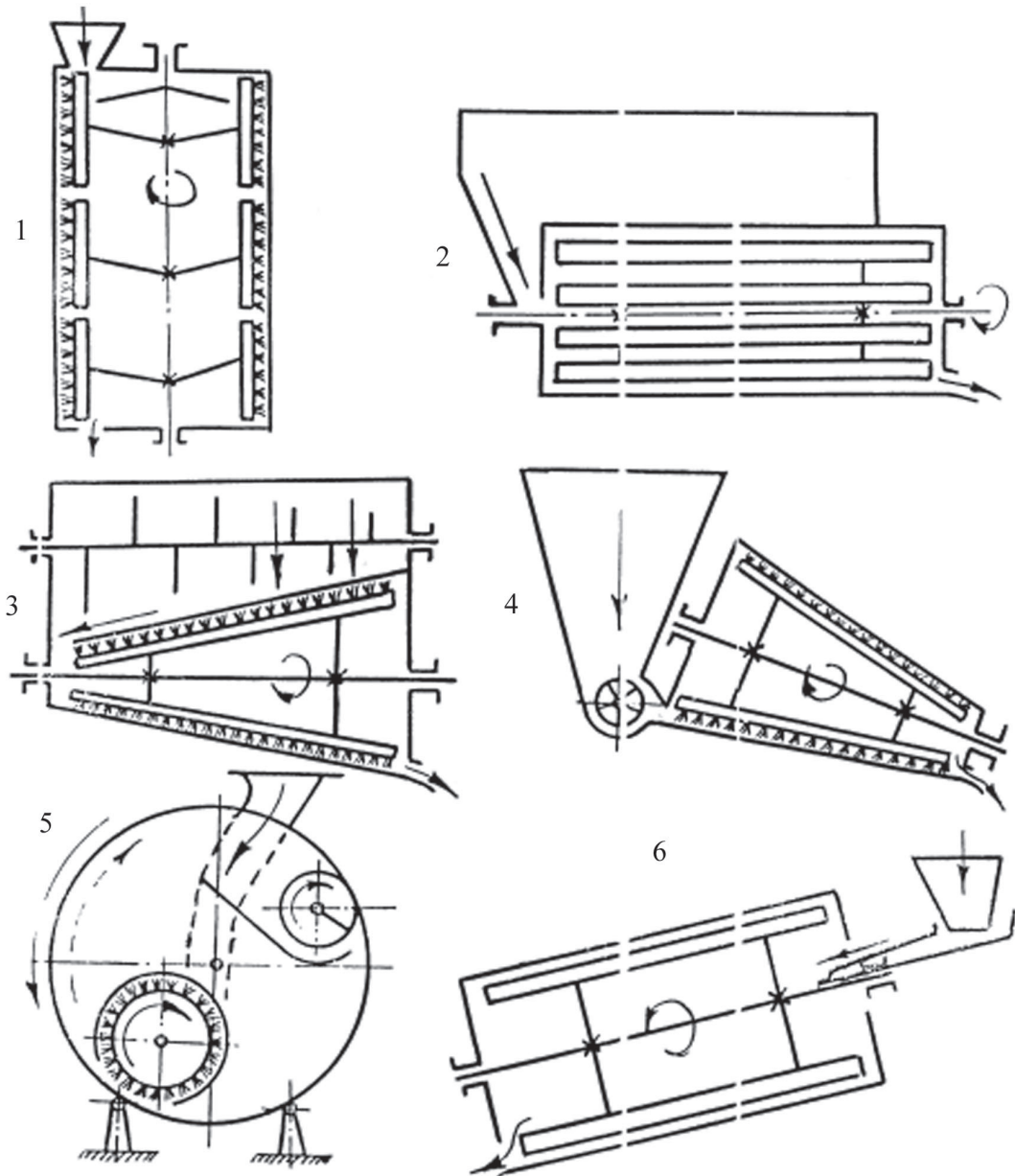


Рис. 1. Схемы рабочих камер лесных семяочистительных машин: непрерывного действия цилиндрические с вертикальной (1); горизонтальной (2; 5) и наклонной (6); конические с горизонтальной (3) и наклонной (4) осями вращения рабочих органов

При этом принимаем во внимание следующие фактические данные для обескряливателей: полнота обескряливания ( $k_1$ ) при однократном пропуске может колебаться от 50 до 100 %, т.е.  $k_{1\min} = 50\%$  и  $k_{2\max} = 100\%$ ; травмирование семян ( $k_2$ ) – от 0.5 до 7.0 %; производительность ( $k_3$ ) – от 3 до 20 кг/ч и масса машины – от 12 до 100 кг. Тогда, оценивая объект № 1 при  $K_{1,1} = 70\%$ ,  $K_{2,1} = 2\%$ ,  $K_{3,1} = 10$  кг/ч и  $K_{4,1} = 100$  кг с учетом выражений (2) и (3), рассчитаем значения критериев  $k_i$

$$K_1 = \frac{70\% - 50\%}{100\% - 50\%} = \frac{20}{50} = 0,4;$$

$$k_2 = 1 - \left( \frac{2\% - 0,5}{7 - 0,5} = 1 - \frac{1,5}{0,5} = 0,57;$$

$$k_3 = \frac{10 - 3}{20 - 3} = \frac{7}{17} = 0,41;$$

$$k_4 = 1 - \frac{100 - 12}{100 - 12} = 0.$$

**Основные технические характеристики рабочих камер обескрыливателей барабанного типа**

№ п/п	Наименование рабочих камер обескрыливателей	Производительность, кг/ч	Масса, кг	Качественные показатели	
				Полнота обескрыливания, %	Степень травмирования, %
1	Цилиндрическая с вертикальной осью вращения рабочих органов	8–10	50	55–60	2,0–3,0
2	Цилиндрическая с горизонтальной осью вращения рабочих органов	4–10	40	60–70	3,0–3,5
3	Коническая с горизонтальной осью вращения рабочих органов	10–15	30	85–90	1,5–2,0
4	Коническая с наклонной осью вращения рабочих органов	5–8	30	85–90	2,0–3,0
5	Цилиндрическая с горизонтальной осью вращения рабочих органов	5–10	40	85–90	1,5–2,0
6	Цилиндрический с наклонной осью вращения рабочих органов	10–12	25	85–90	1,5–2,0

Тогда значение агрегированного критерия для рабочей камеры № 1 будет равно

$$K_{a1} = \sum_{i=1} s_i k_i = 0,185 \cdot 0,4 + 0,205 \cdot 0,57 + 0,07 \cdot 0,41 + 0,117 \cdot 0 = 0,261.$$

Определим значение агрегированного критерия для объекта № 2. На основе априорных данных принимаем  $k_{2,1} = 60\text{--}65\%$ ,  $k_{2,2} = 3\%$ ,  $k_{2,3} = 4\text{ кг/ч}$  и  $k_{2,4} = 40\text{ кг}$ . Тогда значения критериев для объекта № 2 равны

$$k_1 = \frac{65 - 50}{100 - 50} = \frac{15}{50} = 0,33;$$

$$k_2 = 1 - \frac{3 - 1}{7 - 1} = 1 - \frac{1}{3} = 0,67;$$

$$k_3 = \frac{4 - 3}{20 - 3} = \frac{1}{17} = 0,059;$$

$$k_4 = 1 - \frac{40 - 12}{100 - 12} = 1 - 0,32 = 0,68,$$

а значение агрегированного

$$K_{a2} = 0,185 \cdot 0,3 + 0,67 \cdot 0,205 + 0,06 \cdot 0,07 + 0,117 \cdot 0,68 = 0,272.$$

Значение агрегированного критерия для объекта № 2 несколько больше, чем для объекта № 1. Однако по столь незначительной разнице в величине  $k_a$  отдать предпочтение какому-либо объекту очень сложно. Поэтому сравниваем объекты № 1 и № 2 по

индексу согласно  $S_c$ . При этом универсальность машин ( $F_5$ ), технологические возможности ( $F_8$ ), эксплуатационные возможности ( $F_9$ ) и энергоемкость рабочего процесса нами оценены как равные для этих типов рабочих камер; предпочтение в компактности и простоте ( $F_6$ ) отдано объекту № 2, а технологическая вписываемость ( $F_7$ ) лучше у объекта № 1. Тогда с учетом этого индекс согласия ( $S_c$ ) для объекта № 1 в соответствии с выражением (5) будет равен:

$$S_{c1,2} = \frac{1}{0,423} \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot 0,0727 + 0,0927 + 0 + \frac{1}{2} \cdot 0,0913 + \frac{1}{2} \cdot 0,103 + \frac{1}{2} \cdot 0,04 \right) = 0,486,$$

а для объекта № 2:

$$S_{c2,1} = 1 - S_{c1,2} = 1 - 0,486 = 0,514.$$

В данном случае оценка ведется с учетом значения агрегированного критерия и индекса согласия путем умножения их численных значений. Объект, имеющий большую величину, является наилучшим. В рассмотренном примере объект № 2, т.е. обескрыливатель с горизонтальной осью вращения рабочих органов лучше, чем обескрыливатель с вертикальной осью.

**Значения агрегированных критериев  $K_a$  и индексов согласия  $S_c$  для каждой пары рабочих камер**

Рабочие камеры (объекты)	Рабочие камеры					
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
№ 1	$K_a = 0,261$	$S_c = 0,486$	0,128	0,194	0,459	0,338
№ 2	$K_c = 0,514$	$K_a = 0,272$	0,406	0,410	0,488	0,410
№ 3	0,572	0,594	$K_a = 0,419$	0,466	0,353	0,511
№ 4	0,506	0,590	0,534	$K_a = 0,309$	0,517	0,482
№ 5	$S_c = 0,541$	0,512	0,647	0,463	$K_a = 0,288$	0,371
№ 6	0,612	0,590	0,489	0,518	0,629	$K_a = 0,380$

В табл. 3 представлены полученные в результате расчета численные значения агрегированных критериев ( $K_a$ ) и индексов согласия ( $S_c$ ) для каждой сравниваемой пары рабочих камер и рассматриваемых в целом обескряливателей барабанного типа различных конструкций.

Исходя из полученных данных, рабочие камеры барабанного типа ранжированы следующим образом: № 3 (0,409); № 6 (0,380); № 4 (0,309); № 5 (0,288); № 2 (0,272) и № 1 (0,261) – в скобках указаны численные значения агрегированного критерия. Наилучшими оказались рабочие камеры № 3, № 4, № 6, значения агрегированных критериев и индексов, согласия для которых имеют максимальные величины.

Таким образом, на основе многокритериального ранжирования рабочих камер установлено, что для лесных семяочистительных машин наиболее перспективными технологическими схемами являются две рабочие камеры барабанного типа непрерывного действия конической и цилиндрической формы с горизонтальной и наклонной осями вращения рабочих органов. Их

необходимо разработать и применять для проведения дальнейших экспериментальных исследований с целью обоснования основных конструктивно-технологических параметров при обработке различных лесных семян.

#### Библиографический список

1. Пижурич, А.А. Современные методы исследований в деревообработке / А.А. Пижурич. – М.: Лесная пром-сть, 1972. – 248 с.
2. Пижурич, А.А. Исследование процессов деревообработки / А.А. Пижурич, М.С. Розенблит. – М.: Лесная пром-сть, 1984. – 232 с.
3. Свиридов, Л.Т. О классификации способов и устройств для обескряливания лесных семян / Л.Т. Свиридов – Изв. вузов: Лесной журнал, 1997. – № 3. – С. 14–19.
4. Свиридов, Л.Т. Эффективные технологические приемы и устройства для обескряливания семян / Л.Т. Свиридов // Совершенствование ведения хозяйства в лесах Украины и Молдавии: Тезисы докл. Республ. научн.-техн. конф. – Киев: УСХА, 1990. – С. 140–142.
5. Свиридов, Л.Т. Обоснование технологической схемы и параметров обескряливающего устройства малогабаритной семяочистительной машины: дис... канд. техн. наук / Л.Т. Свиридов – Воронеж, 1982. – 248 с.

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

С.И. БУЛДАКОВ, зав. каф. транспорта и дорожного строительства УГЛТУ, канд. техн. наук,  
Л.А. ЗОЛКИНА, каф. транспорта и дорожного строительства УГЛТУ

**П**роектирование новых и эксплуатация старых автозаправочных станций (АЗС) должны удовлетворять условиям наибольшей их экономичности и строгого соответствия природоохранному законодательству, действу-

ющим государственным стандартам, нормативам качества природной среды, правилам технической документации АЗС, нормативно-техническим документам. Должны предусматриваться меры по снижению выбросов и сбросов

загрязняющих веществ путем использования передового оборудования, систем по улавливанию, оборудования по утилизации вредных выбросов и отходов (нефтепродуктов), соблюдению предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, в сбрасываемых ливневых и хозяйственных сточных водах, должна обеспечиваться противопожарная безопасность.

Для обеспечения наибольшей экономичности и комфортности обслуживания автомобильного транспорта АЗС обычно размещаются в непосредственной близости от автомобильных дорог, поэтому их экологическое воздействие на окружающую среду обладает эффектом суммирования совместно с воздействием автомобильных дорог и промышленных предприятий.

Необходимо отметить, что влияние АЗС на окружающую среду не столь существенно по сравнению с выбросами автомобилей на дорогах, но суммарный эффект воздействия от АЗС и автомобильной дороги значителен. Кроме того, АЗС являются препятствием к регулированию скорости транспортного потока на дороге из-за возникновения очереди на заправке, особенно в зимнее время, когда автомобили ожидают заправки с работающим двигателем, что способствует увеличению объемов вредных выбросов.

При размещении автозаправочных станций должны учитываться рельеф местности, его характеристики, вид грунта, естественное проветривание, распространение выбросов действующих предприятий. Для сокращения выбросов в окружающую среду обслуживающие автомобильные дороги АЗС должны быть размещены на прямолинейных участках дорог. Должны предусматриваться меры по снижению выбросов и сбросов загрязняющих веществ с применением передового оборудования, систем по улавливанию, оборудованию по утилизации вредных выбросов, отходов.

На сегодняшний день основными задачами в процессе проектирования, реконструкции, строительства и эксплуатации АЗС являются: учет уже существующих станций; тех-

нические мероприятия по управлению парами бензина при «дыхании» резервуаров и при заправке автомобилей; ограничения по взрыво- и пожаробезопасности; установка локальных очистных сооружений от нефтепродуктов; компенсация шума и выхлопов автомобилей зелеными насаждениями вокруг станции. Для решения указанных задач имеет важное значение определение количества нефтепродуктов, закачиваемых в резервуары в течение года.

Расчет начинается с определения закачиваемых нефтепродуктов при предварительно известной производительности АЗС.

Среднее количество  $g$  топлива на 1 заправку примем равным  $g^l = 20$  л – для легковых автомобилей;  $g^c = 60$  л – для грузовых.

Продолжительность весенне-летнего и осенне-зимнего периода принимаем равным, соответственно:  $\tau_{вл} = 182$  дня,  $\tau_{оз} = 183$  дня.

Обозначим  $k_{вл}^l$  и  $k_{вл}^c$  количество легковых и грузовых автомобилей, заправляемых за один день весенне-летнего периода, соответственно.

Количество бензина, расходуемое на заправку легковых автомобилей в весенне-летний период, определим по формуле

$$Q_{вл}^l = k_{вл}^l g^l \tau_{вл} . \quad (1)$$

Количество бензина, расходуемое на заправку грузовых автомобилей в весенне-летний период, определим по формуле

$$Q_{вл}^c = k_{вл}^c g^c \tau_{вл} . \quad (2)$$

Количество бензина, закачиваемое в резервуары АЗС в течение весенне-летнего периода, рассчитывается по формуле

$$Q_{вл}^l = Q_{вл}^l + Q_{вл}^c . \quad (3)$$

Аналогично по формулам (2–3) производится расчет количества заправляемого бензина и дизельного топлива в осенне-зимний период (индекс в формулах:  $оз$  – осенне-зимний) для двух типов автомобилей (легковых и грузовых).

Суммируя количество бензина и дизельного топлива за год, получим:

$$Q_{год} = Q_{вл}^l + Q_{вл}^c + Q_{оз}^l + Q_{оз}^c . \quad (4)$$

Зная количество закачиваемого в резервуары топлива на АЗС, рассчитывают се-

кундные и валовые выбросы загрязняющих веществ на АЗС [2].

Секундные выбросы  $M$  паров нефтепродуктов (г/с) определяют по формуле

$$M = C_p^{\max} \cdot \frac{V_{сл}}{\tau_{сл}}, \quad (5)$$

где  $C_p^{\max}$  – средняя концентрация паров нефтепродуктов при закачке в резервуары АЗС, г/м<sup>3</sup>, для бензинов согласно [3]  $C_p^{\max} = 4,80$  г/м<sup>3</sup>, для дизельного топлива  $C_p^{\max} = 1,55$  г/см<sup>3</sup>;

$V_{сл}$  – объем слитого в резервуар нефтепродукта;

$\tau_{сл}$  – среднее время слива,  $\tau_{сл} = 1800$  с (30 мин).

Выбросы нефтепродуктов при заправке баков автомобилей определяются по формуле (5) при

$$\tau_{сл} = \frac{V_{сл} \cdot 60}{G_k},$$

где  $G_k$  – производительность колонки, л/мин.

Для типовой колонки при заправке баков автомобилей можно принять для бензина  $G_k = 40$  л/мин; для дизельного топлива  $G_k = 30$  л/мин.

Годовые выбросы нефтепродуктов  $M_{нф}$  (валовые выбросы), т/год, рассчитываются суммарно при закачке в резервуар  $M_{зак}^{рез}$ , баки автомобилей  $M_{зак}^б$  и при проливах их на поверхность почвы  $M_{пр}$  по формуле

$$M_{нф} = M_{зак}^{рез} + M_{зак}^б + M_{пр}, \quad (6)$$

с учетом формулы (5) и времени работы автозаправки в году.

При составлении комплексной математической модели диффузионных процессов перемещения загрязняющих веществ в окружающей среде необходимо учесть все вредные выбросы. Основными загрязняющими веществами, выбрасываемые АЗС, автомобильными дорогами, промышленными предприятиями, экологически контактирующие друг с другом, являются пары бензина, состоящие в основном из паров углеводородов, соединений свинца, тяжелых металлов, продуктов сгорания топлива и т.д.

В качестве математической модели рассмотрим дифференциальные уравнения

диффузии для граничащих областей. В целях упрощения проведем анализ экологического взаимодействия двух объектов – автомобильной дороги и АЗС. Полученные результаты теоретически можно распространить на любое количество  $N$  областей с учетом направления и скорости ветра, которые способствуют интенсификации диффузионных процессов, турбулизации потока.

Однако ежегодно достаточно часто наблюдается приподнятая или приземная инверсия, когда в основном преобладают перемещения воздушных масс за счет разности температур при полном отсутствии или слабом ветре.

Ниже исследуется процесс диффузии загрязняющих веществ в воздушной среде при штилевой погоде.

При отсутствии ветра в уравнении диффузии можно пренебречь проекциями скорости на координатные оси:

$$U \frac{\partial C}{\partial X} \approx V \frac{\partial C}{\partial Y} \approx W \frac{\partial C}{\partial Z} \approx 0. \quad (7)$$

Кроме того, рассмотрим диффузионное перемещение по направлению от автозаправочной станции к автомобильной дороге, над которой концентрация загрязняющих веществ будет максимальной.

Выбираем декартову систему координат, в которой ось  $OX$  направлена вдоль автомобильной дороги, автозаправочная станция находится на оси  $OY$  на расстоянии  $L$  от начала координат, ось  $OZ$  перпендикулярна плоскости  $XOY$ .



Наибольшее перемещение загрязняющих веществ происходит по  $OZ$  и учитывается вертикальной составляющей коэффициента диффузии. Поэтому будем считать, что диффузионные процессы по оси  $OX$  мини-

мальные, и перемещениями по этому направлению можно пренебречь.

Перемещения загрязняющих веществ по направлению оси  $OZ$  учитываются вертикальной составляющей коэффициента диффузии.

Будем также считать, что мощность выбросов от АЗС и в полубесконечной плоскости автомобильной дороги, являющейся линейным источником загрязнения, зависит от времени. Выделим условно границу между автомобильной дорогой и автозаправочной станцией, над которой будем считать постоянной концентрацию  $i$ -го загрязнителя от каждой из источников.

В этом случае задача сводится к решению дифференциальных уравнений диффузии с граничными условиями четвертого рода, где рассматриваются одномерная, нестационарная задача распространения загрязняющих веществ в условиях штиля. Распространение загрязняющих веществ по этому принципу происходит только за счет приземных инверсий, устраняющих как вертикальную, так и горизонтальную турбулентности.

При описании математической модели для этих условий рассмотрим автомобильную дорогу как полуограниченную область ( $0 < X < \infty$ ), в которой при  $-L < Y < 0$  находится область АЗС, а при  $0 < Y < L$  – область автомобильной дороги. В этом случае требуется найти решение следующих дифференциальных уравнений

$$\frac{\partial^2 C_{i1}}{\partial Y^2} - \frac{1}{D_{i1}} \cdot \frac{\partial C_{i1}}{\partial t} = 0, -L < Y < 0, t > 0; \quad (8)$$

$$\frac{\partial^2 C_{i2}}{\partial Y^2} - \frac{1}{D_{i2}} \cdot \frac{\partial C_{i2}}{\partial t} = 0, Y > 0, t > 0, \quad (9)$$

где  $C_{i1}, C_{i2}$  – концентрации  $i$ -го загрязняющего вещества соответственно в областях 1 (автозаправочная станция) и 2 (автомобильная дорога);

$D_{i1}, D_{i2}$  – коэффициенты диффузии в соответствующих областях: в области 2 преобладает вертикальная составляющая диффузии, т.е.  $D_{i2} = D_g$ , а в области 1 – горизонтальная составляющая  $D_{i1} = D_r$ ; индексы 1 – автозаправочная станция, 2 – автомобильная дорога.

Граничные и начальные условия поставленной задачи запишутся в виде

$$\left. \begin{aligned} C_{i1} = C_{i2} = C_1 \quad Y = 0 \\ C_1(-L; t) = C_0 \\ C_{i1} = C_{i2} = C_0 \quad t = 0 \end{aligned} \right\}. \quad (10)$$

Для решения задачи (8) используем метод разделения переменных.

Решение уравнения

$$\frac{\partial C_1}{\partial t} = D_1 \frac{\partial^2 C_1}{\partial y^2} \quad (11)$$

с граничными условиями

$$C_1(0; t) = C_1, C_1(-L; t) = C_0 \quad (12)$$

и начальными условиями

$$C_1(y; 0) = C_0, \quad (13)$$

ищем в виде разложения в ряд Фурье

$$C_1(y; t) = \sum_{n=1}^{\infty} T_n(t) \cdot \sin \frac{n\pi y}{L}, \quad (14)$$

где  $T_n(t) = \frac{2}{L} \int_0^L C_1(y; t) \cdot \sin \frac{n\pi y}{L} dy$

– коэффициент Фурье.

Интегрируя  $T_n(t)$  два раза по частям, получим

$$T_n(t) = \frac{2}{n\pi} \left[ C_1(0; t) - (-1)^n C_1(-L; t) \right] - \frac{2L}{n^2\pi^2} \int_0^L \frac{\partial^2 C_1}{\partial y^2} \cdot \sin \frac{n\pi y}{L} dy. \quad (15)$$

Так как  $C_1(y; t)$  удовлетворяет уравнению (11) и граничным условиям (12), то

$$T_n(t) = \frac{2}{n\pi} \left[ C_1 - (-1)^n C_0 \right] - \frac{2L}{n^2\pi^2 D_1} \int_0^L \frac{\partial C_1}{\partial t} \cdot \sin \frac{n\pi y}{L} dy. \quad (16)$$

Исключив интеграл по переменной  $y$  из выражения (16), получим

$$T_n(t) = e^{-\left(\frac{n\sqrt{D_1}}{L}\right)^2 t} \times \left[ A_n + \frac{2n\pi D_1}{L^2} \int_0^t e^{\left(\frac{n\sqrt{D_1}}{L}\right)^2 \tau} \cdot (C_1 - (-1)^n C_0) d\tau \right], \quad (17)$$

где  $A_n$  – постоянная интегрирования.

При  $t = 0, A_n = T_n(0)$ .

Из начальных условий получаем

$$C_1(y; 0) = \sum_{n=1}^{\infty} T_n(0) \sin \frac{n\pi y}{L} = C_0.$$

Отсюда следует, что

$$T_n(0) = A_n = \frac{2}{L} \int_0^L C_0 \sin \frac{n\pi y}{L} dy. \quad (18)$$

Таким образом, решением нашей задачи будет ряд, где  $T_n(t)$  определяются равенствами (17) и (18).

Подставив (18) в (17), а затем полученное выражение в (14) и используя известные соотношения для

$$\sum_{n=1}^{\infty} \sin \frac{n\pi y}{L} \quad \text{и} \quad \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{(n-1)} \sin \frac{n\pi y}{L},$$

окончательно получаем выражение для  $C_1(y; t)$ .

$$C_1(y; t) = C_1 + (C_0 - C_1) \frac{y}{L} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n C_0 - C_1}{n} \cdot e^{-\left(\frac{n\pi\sqrt{D_1}}{L}\right)^2 t} \cdot \sin \frac{n\pi y}{L} + \frac{2C_0}{L} \sum_{n=1}^{\infty} e^{-\left(\frac{n\pi\sqrt{D_1}}{L}\right)^2 t} \cdot \sin \frac{n\pi y}{L} \int_0^L \sin \frac{n\pi y}{L} dy. \quad (19)$$

Преобразуем выражение

$$e^{-\left(\frac{n\pi\sqrt{D_1}}{L}\right)^2 t} \cdot \sin \frac{n\pi y}{L} \quad \text{к виду}$$

$$\exp \left[ - \left( \left( \frac{n\pi\sqrt{D_1}}{L} \right)^2 t + i \frac{n\pi y}{L} \right) \right] \quad \text{и, обозначив,}$$

$$\left( \frac{n\pi\sqrt{D_1}}{L} \right)^2 t + i \frac{n\pi y}{L} = V_1, \quad \text{получим } e^{-V_1}.$$

Тогда решение уравнения (8) примет вид

$$C_1(y; t) = C_1 + (C_0 - C_1) \frac{y}{L} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n C_0 - C_1}{n} e^{-V_1} + \frac{2C_0}{L} \sum_{n=1}^{\infty} e^{-V_1} \int_0^L \sin \frac{n\pi y}{L} dy. \quad (20)$$

Найдем решение уравнения

$$\frac{\partial C_2}{\partial t} = D_2 \frac{\partial^2 C_2}{\partial y^2} \quad (9)$$

с граничными условиями

$$C_2(0; t) = C_1 \quad C_2(L; t) = 0 \quad L \rightarrow \infty$$

и начальными условиями (10)

$$C_2(y; 0) = C_0$$

Решение ищем в виде разложения в ряд Фурье

$$C_2(y; t) = \sum_{n=1}^{\infty} T_n(t) \cdot \sin \frac{n\pi y}{L}, \quad (21)$$

где  $T_n(t)$  – коэффициент Фурье.

Поскольку выше приведено решение уравнения (8), то, используя прежнюю методику, запишем решение уравнения (9) с учетом (10)

$$C_2(y; t) = C_1 - C_1 \frac{y}{L} - \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{C_1}{n} e^{-\left(\frac{n\pi\sqrt{D_2}}{L}\right)^2 t} \cdot \sin \frac{n\pi y}{L} + \frac{2C_0}{L} \sum_{n=1}^{\infty} e^{-\left(\frac{n\pi\sqrt{D_2}}{L}\right)^2 t} \cdot \sin \frac{n\pi y}{L} \cdot \int_0^L \sin \frac{n\pi y}{L} dy. \quad (22)$$

$$\text{Обозначив } e^{-\left(\frac{n\pi\sqrt{D_2}}{L}\right)^2 t} \cdot \sin \frac{n\pi y}{L} = e^{-V_2},$$

окончательно получим

$$C_2(y; t) = C_1 - C_1 \frac{y}{L} - \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{C_1}{n} e^{-V_2} + \frac{2C_0}{L} \sum_{n=1}^{\infty} e^{-V_2} \cdot \int_0^L \sin \frac{n\pi y}{L} dy. \quad (23)$$

Итак, решив уравнения (8) и (9), получили вид зависимости концентрации  $i$ -го загрязняющего вещества как функцию времени и расстояния от источника загрязнения.

### Библиографический список

1. Кошляков, Н.С. Основные дифференциальные уравнения математической физики. / Н.С. Кошляков, Э.Б. Глинер, М.М. Смирнов. – М.: ФМ, 1962.
2. Методика определения массы выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух. – М.: НИИАТ. 1993.
3. Методические указания по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров. / Госкомитет РФ по охране окружающей среды. – М.: НИИ охраны атмосферного воздуха, 1997.
4. Полянин, А.Д. Справочник по линейным уравнениям математической физики / А.Д. Полянин. – М.: Физматлит, 2001.

**ПРАВОВАЯ ОХРАНА ВОД: АМЕРИКАНСКИЙ ОПЫТ**

Д.О. СИВАКОВ, *науч. сотр. Института законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве РФ, канд. юр. наук*

**В** настоящее время на фоне реформирования водного права России нередко встает вопрос: а какой пример подают ведущие зарубежные государства? К числу таких образцов могут относиться и США.

США отличаются высокой антропогенной нагрузкой на водные объекты, неравномерным распределением водных ресурсов, несбалансированным режимом рек. Многие в водных ресурсах США напоминают нам российскую ситуацию (включая и неравномерное распределение вод). Однако, в отличие от России, состояние окружающей среды, в том числе и водной среды, в США за истекшие 30 лет стало намного лучше, чем в 70-е гг. Одной из причин этого является гибкая, экологически ориентированная налоговая политика, позволившая стимулировать разработку и внедрение новейших технологий по очистке и сбросам, утилизации и многократному использованию отходов и т.д. Другая причина – значительное сокращение сброса в водные объекты неочищенных промышленных и сточных вод благодаря эффективному действию ограничений на сброс, введенных федеральным Агентством по охране окружающей среды [1].

За американские водные ресурсы и водное хозяйство «отвечает» несколько федеральных органов: Управление по вопросам океана и международным экологическим проблемам при Госдепартаменте США, разветвленное Агентство по охране окружающей среды, в системе МВД – Бюро рекламы (водохозяйственной мелиорации), а в рамках Министерства торговли существует Национальная океаническая и атмосферная администрация, в которую входит Отдел управления береговой зоной. Имеют свои полномочия Инженерный корпус Армии США и Береговая охрана Минтранса.

Водное законодательство США пошло по пути определения полномочий различных

административных органов власти в рассматриваемой области, но при этом воздержалось от прямых указаний на ту или иную форму ответственности на воды или водные объекты [2].

Еще в 1850 г. США как федерация приняли на себя ответственность за улучшение судоходных путей, а Закон Кэри 1894 г. предусматривал сотрудничество между федерацией и штатами по вопросам оросительной системы [3]. Федерация имеет полномочия в сфере судоходства, строительства ГЭС, ирригации, борьбы с паводками, охраны окружающей среды. Традиционно именно судоходные и связанные с ними воды считаются федеральными. Таким образом, федеральные функции определяли и федеральную ответственность. Федеральные полномочия как бы ограничивали распространенную историческую собственность штатов на воды. Однако приведенная компетенция федерации относительно: выдача федеральной лицензии на сооружение ГЭС, забор воды для АЭС или ирригации земли требует согласования со штатами. Кроме того, во многих штатах существуют свои особо охраняемые территории, охватывающие водные объекты.

Публичные формы собственности (федеральная и штатов) отвечают существующим в США традициям, а водный кризис делает недопустимой «рыночную стихию» в водном хозяйстве. В ряде штатов (Колорадо, Юта) водоемы, даже полностью расположенные в пределах частных земель, являются собственностью «не землевладельца, а народа». При этом ряд полномочий государство делегировало негосударственным организациям. Так, например, в речных бассейнах существуют, как правило, бассейновые ассоциации пользователей со своими административными правами (лимитирование откачки воды, регистрация скважин и водомеров). В целом, однако, для США характерна неполная реа-



лизация бассейнового подхода в организации водного хозяйства. Существует несколько больших бассейновых организаций с обязательным вовлечением водопользователей, но Агентство по охране окружающей среды не может обеспечить бассейновую организацию повсеместно. Этим США отличается от ряда стран ЕС (Франция, Испания и т.д.).

Водное законодательство США первоначально имело хозяйственный, а не природоохранный аспект. Первым федеральным законом, устанавливающим запрет на сбросы твердых отходов в воды США, стал Закон о реках и бухтах 1899 г. Первоначальным замыслом законодателя было устранение помех для навигации, однако в 60-е гг XX в. произошло «второе рождение» этого акта. Получивший новое толкование Верховного суда США, этот закон действует до сих пор и неоднократно используется для возбуждения судебных исков против промышленного загрязнения водоемов и водотоков. В 1948 г. был принят один из первых фундаментальных законов в области охраны окружающей среды – Федеральный закон о контроле над загрязнением вод. Новизна этого акта заключалась в том, что впервые Конгресс США принял закон, направленный исключительно на борьбу с загрязнением водной среды. В редакции 1987 г. данный закон охватил почти все вопросы предотвращения и устранения всевозможных загрязнений вод. Теперь он именуется Законом о чистой воде. Согласно данному закону, в каждом штате для всех водоемов и водотоков устанавливаются стандарты качества воды. Агентство по охране окружающей среды не может выдать ни одного разрешения на сброс сточных вод без подтверждения администрации штата, что данный сброс согласуется с мерами, предпринимаемыми штатом для поддержания качества вод.

По морским ресурсам были приняты законы: о морских ресурсах и техническом развитии 1966 г., об охране морской среды 1972 г. Последний закон регулирует транспортировку и сброс отходов в морские воды, предусматривает создание специальных морских

зон, в пределах которых природопользование ограничено задачами сохранения целостности морских экосистем. Первый морской заповедник был создан в 1975 г. Морские заповедники создаются в регионах, обладающих особой экологической, научной, исторической и иной ценностью. Они охватывают как сушу, так и море и должны быть не меньше 1 кв. морской мили.

Охрана морских ресурсов невозможна без охраны побережий. В 1972 г. был принят Закон об управлении береговой зоной, предусматривающий разрешительный порядок хозяйственных мероприятий в прибрежных пространствах. Очевидно, что данный закон был принят, исходя из чрезвычайной уязвимости и в то же время ценности морских побережий. Аналогичные правовые положения есть и в странах Европейского Союза (Франция, Испания и т.д.). Французские законы «Об охране побережья и берегов озер» 1975 г., и «О побережье» 1986 г., а также испанский закон «О береговой зоне» 1988 г. содержат не менее строгие ограничения хозяйственного использования береговых зон [4].

Водное законодательство США характерно тем, что конкретные противопоаводковые и ирригационные меры в отдельных бассейнах и подбассейнах (Нижняя Миссисипи, Миссури, Огайо) закреплены и регламентированы отдельными законами. Другой важной чертой является создание федерального межведомственного комитета по речным бассейнам, а также региональных межведомственных комитетов по Миссури, Колумбии, Арканзасе, Цайт- и Ред-Ривер, рекам Новой Англии и Нью-Йорка, Тихоокеанского Юго-Запада. Законодательно предусматривалось создание всевозможных совместных комиссий и исследовательских центров по изучению вод [3].

В США исторически сложилось три различных порядка водопользования. В ряде засушливых и наиболее поздно освоенных штатах действует правило старшинства водопользования (первый по времени – первый по праву). В восточных штатах США применяют

так называемые принципы берегового права, заключающиеся в праве на водопользование прибрежных земельных собственников. В США складывается еще и разрешительный порядок природопользования, во многом схожий с нашим отечественным [5]. Но, как явствует из судебной практики, при всем многообразии порядков водопользования частные права на воду не должны подрывать традиционные права публики на рекреацию, рыболовство, судоходство, а властям штата или муниципального образования не следует поступаться общественными интересами. Если исполнительные органы власти все же это допускают, вмешивается суд [6]. Так, например, в 1983 г. было отменено разрешение, выданное властями Лос-Анжелеса на изменение русел рек, впадающих в озеро Моно, на том основании, что «берега, дно и воды озера Моно находятся под защитой публичных прав» [7].

Закон США 1968 г. «О диких и живописных реках» предусматривает специфический вид особо охраняемых природных объектов, характерный доминирующим природоохранным назначением. Под действие данного правового режима подпадают реки с живописными, рекреационными, геологическими, историческими, другими экологическими характеристиками. Законом 1968 г. предусмотрено создание специальных коридоров по обоим берегам рек с особым режимом природопользования. Площадь таких коридоров должна быть не менее 10 акров на 1 милю, т.е. примерно по 25 м от каждого берега. Закон не дает окончательного перечня запрещенных и разрешенных видов деятельности в пределах подобных земель, но правоприменительная практика избрала довольно гибкий путь. Как правило, обходятся лишь некоторым ограничением строительства дорог, населенных пунктов, размещения промышленных предприятий, заготовки древесины, выпаса скота. Наибольшая хозяйственная свобода предоставляется на рекреационных реках. Но в любом случае законодатель стремится сохранить в возможно более естественном состоянии названные реки и не

допустить дальнейшее использование этих водотоков для строительства ГЭС, водохранилищ, прокладки каналов, осуществления других водохозяйственных проектов [2].

Этот замысел законодателя вполне оправдан и базируется на горьком опыте освоения главных водных артерий США. Реки Миссисипи, Миссури, Иллинойс и другие были буквально искалечены спрямлением и углублением русла, некорректным освоением пойм. Решающий фактор их деградации – воздействие дамб, дренажей, каналов, плотин, шлюзов, прочих гидротехнических сооружений. Свыше полтора столетия дамбы остаются краеугольным камнем защиты от паводков, но построены они были в разное время, по разным планам, близ уреза воды, что не давало возможности погасить разрушительную силу волны [8]. В результате антропогенной трансформации реки стали полусинтетическими водными объектами, страдающими от интенсивного накопления наносов и эвтрофикации (перенасыщение водоема или водотока органическими веществами, внешне выражающееся в цветении), но не менее опасными при наводнениях. К сожалению, самоуверенный человек хуже (даже для самого себя) регулирует водные ресурсы, чем естественные факторы и фильтры: луга, леса, болота, старицы речных долин, бобровые плотины. За 90 лет среднегодовой ущерб от наводнений вырос в 2,5 раза. Между тем противопаводковые водохранилища не смогли предотвратить разрушительного наводнения. Уязвимость защитной системы проявилась во время наводнений на Миссисипи и Миссури 1993–94 гг.

Постепенно в Новом Свете стали понимать необходимость снять многие из искусственных препон и дать естественным водоемам и водотокам известную свободу. В частности, она выражается даже в том, чтобы пустить воду на еще недавно отгороженные валами засохшие поймы. Заинтересованные хозяйствующие субъекты стали поощряться в воздержании от застроек. Многие валы пришлось разрушать, но пойменные водоемы

еще долго страдали от произвольной засыпки. Именно такая «линия поведения» позволяет добиться решения задач, поставленных Законом о борьбе с наводнениями 1936 г.

Охрана таких специфических природных объектов, как болота, предусматривается не только водным, но и аграрным законодательством. Закон США 1985 г. «О продовольственном обеспечении» оберегал болота [9]. В нем предусматривалось полное лишение всех видов государственных льгот по отношению к фермерам, использующим переувлажненные земли под посевы сельскохозяйственных культур. Закон 1990 г. «О продовольствии, сельском хозяйстве, охране окружающей среды и торговле» предусматривает ответственность за любое нарушение режима переувлажненных земель, при некотором смягчении и дифференциации санкций. Особое внимание уделялось приморским болотам типа мангровых зарослей – природным барьерам для штормовых волн. Хозяйствующим субъектам, иницирующим осушение подобных болот, нелегко получить разрешение. Когда же осушать все-таки разрешено, то инициатор осушения вносит плату в специальный фонд штата, обслуживающий восстановление приморских болот. Таково действие принципа «гектар за гектар», призванного обеспечить в целом «нулевую потерю» водно-болотных угодий. Эти правовые подходы касаются не только защиты берегов, но и обеспечения биологического разнообразия и даже защиты морей от загрязняющих стоков [10].

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. Характерный признак водного законодательства США – акцент на организационно-финансовые механизмы исполнения, в которых задействованы не только различные административные органы, но и объединения водопользователей. В связи с особенностями тех или иных водных правоотношений были приняты отдельные законы, но различным видам водных объектов, крупным речным бассейнам и подбассейнам. При этом собственно «водные» законы действуют в комплексе с законами в области сельского хозяйства.

2. Важным источником водного права являются еще и судебные прецеденты, дающие толкование законов и восполняющие пробелы в последних. Но, как и законодатель, судебные инстанции руководствуются идеей первенства общественных интересов над частными.

3. Важная тенденция как водного права США, так и практики его применения, заключается в гибком, но последовательном сокращении хозяйственной деятельности, негативно воздействующей на водные ресурсы, в обеспечении сохранения и даже возвращения естественного состояния американских рек и озер. Аналогичная тенденция наблюдается и достаточно ярко выражена и в государствах Европейского Союза. Указанный подход, по нашему мнению, может быть использован и в странах СНГ.

#### Библиографический список

1. Организационно-экономический механизм рационального водопользования / Э. Абдулаев // Альманах «Вымпел». – 1997. – С. 131–134.
2. Краснова, И.О. Экологическое право и управление в США-М / И.О. Краснова // Байкальская Академия. – 1992. – С. 73–74; С. 103–106.
3. Уайт, Т. Водные ресурсы США: проблемы использования / Т. Уайт. – М.: Прогресс, 1971. – С. 180–182.
4. Сиваков, Д.О. Правовая охрана берегов в России и за рубежом / Д.О. Сиваков // Журнал зарубежного законодательства и сравнительного правоведения. – 2005. – № 3. – С. 16–21.
5. Жариков, Ю.Г. Недвижимое имущество: правовое регулирование / Ю.Г. Жариков, М.Г. Масевич. – М.: БЕК, 1997. – С. 180–183.
6. Боголюбов, С.А. Экологическое право: учеб. для вузов / С.А. Боголюбов. – М.: НОРМА-ИНФРА. – 1999. – С. 410–13.
7. Краснова, И.О. Экологическое право США: исследование теории и практики развития / И.О. Краснова. – М.: Международная академия информатизации «Отделение прав человека», 1996. – С. 64.
8. Лью, Р. Миссисипи: проблемы устойчивого развития / Р. Лью // Экология и жизнь. – 2001. – № 2. – С. 50–53.
9. Государственные меры по сохранению и восстановлению переувлажненных земель в США / Экономика сельского хозяйства России. – 1994. – № 2. – С. 30.
10. Евсегнеев, В.А. Российское и зарубежное законодательство о защите населения и территорий от наводнений / В.А. Евсегнеев. – М.: Былина, 2003. – С. 126–129.

## МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД НА РЕКУЛЬТИВИРУЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ЕГОРЬЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ФОСФОРИТОВ (ЕМФ)

С.Б. ВАСИЛЬЕВ, доц. каф. лесных культур МГУЛ, канд. с.-х. наук

Исследование особенностей минерального питания кедра сибирского, лиственницы сибирской, сосны Банкса, сосны обыкновенной и ели европейской было выполнено в 10 и 12-летних культурах на рекультивируемых землях ЕМФ. Для этой цели использовали метод листового анализа на содержание *НРК* в 1–3-летней хвое разных по размеру деревьев и на конкретном агрохимическом фоне. Образцы для анализа брали в мае, июле и сентябре с условием, чтобы в течение 10 предыдущих дней не было атмосферных осадков, т.к. подвижные соединения азота, фосфора и особенно калия легко вымываются ими из мезофилла листа [4].

Результаты анализа однолетней хвои, отличающейся наибольшей физиологической активностью, представлены в табл.

Данные таблицы показывают, что в течение вегетационного периода содержание азота в хвое кедра сибирского снизилось к сентябрю на 17 %, что можно объяснить появлением вторичного прироста центрального побега. Содержание фосфора в течение вегетации осталось постоянным. Содержание количества калия уменьшилось с мая по сен-

тябрь на 24 %. Это, видимо, также связано с явлением вторичного прироста.

В хвое сосны Банкса максимальное значение содержания азота наблюдалось в сентябре. Это объясняется тем, что во время интенсивного роста (середина мая – начало июля) клетки усиленно преобразуют соединения азота в новую ткань, и к началу сентября полностью сформировавшаяся хвоя обладает наибольшей фотосинтетической способностью и накапливает большее количество азота для метаболизма. Соотношение фосфора также увеличивается к сентябрю, что подтверждает гипотезу о повышении фотосинтеза именно в этом месяце. Содержание калия оказалось максимальным в мае, затем оно уменьшилось в июле на 64 % и постепенно восстановилось к сентябрю до уровня мая.

Для лиственницы характерно наибольшее содержание азота в начале роста. Молодая хвоя не способна в этот период синтезировать органические соединения, поэтому использует азот и фосфор, реутилизированный в стволе. Для фосфора характерна постоянная концентрация в мае и июле. В сентябре содержание его в тканях хвои возрастает на 16 %.

Т а б л и ц а

Содержание *N, P* и *K* в хвое 12-летних культур на землях ЕМФ

Порода	Содержание в хвое % / <i>N</i> : <i>P</i> : <i>K</i> по месяцам								
	май			июль			сентябрь		
	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>
К	<u>1,12</u> 52	<u>0,15</u> 7	<u>0,87</u> 41	<u>0,97</u> 58	<u>0,13</u> 8	<u>0,58</u> 34	<u>0,93</u> 53	<u>0,16</u> 9	<u>0,66</u> 38
С <sub>б</sub>	<u>1,22</u> 52	<u>0,12</u> 6	<u>0,91</u> 42	<u>0,97</u> 70	<u>0,09</u> 6	<u>0,33</u> 24	<u>1,54</u> 61	<u>0,17</u> 7	<u>0,85</u> 32
Л <sub>с</sub>	<u>1,54</u> 37	<u>0,38</u> 9	<u>2,28</u> 54	<u>1,77</u> 57	<u>0,38</u> 19	<u>0,50</u> 24	<u>1,26</u> 41	<u>0,45</u> 15	<u>1,33</u> 44
С <sub>об</sub>	<u>1,12</u> 56	<u>0,11</u> 6	<u>0,83</u> 38	<u>1,26</u> 64	<u>0,14</u> 7	<u>0,58</u> 29	<u>1,54</u> 58	<u>0,16</u> 6	<u>0,95</u> 36
Е	<u>1,12</u> 56	<u>1,12</u> 6	<u>0,83</u> 38	<u>1,19</u> 63	<u>0,12</u> 6	<u>0,58</u> 31	<u>0,98</u> 28	<u>0,16</u> 5	<u>2,40</u> 67

В хвое сосны обыкновенной минимальное количество азота определено в мае, затем оно несколько возрастает к июлю (на 3 %) и к сентябрю происходит его резкое увеличение (на 36 %). Количество фосфора полностью повторяет содержание азота в хвое. Наличие калия в июле минимальное, что прямо противоположно его увеличению в субстрате. Такое понижение содержания калия в июле можно объяснить физиологическим состоянием тканей в данном периоде, но не фоновым количеством данного вещества в субстрате. Однако наличие калия в сентябре также увеличивается, как и содержание азота и фосфора.

Содержание азота, фосфора и калия в хвое ели европейской в мае близко к показателям в хвое сосны обыкновенной. Однако в июле и сентябре количество азота и фосфора резко уменьшается, что негативно сказывается на приросте деревьев в текущем году. Вместе с тем содержание калия с мая по сентябрь увеличивается в 3 раза. В целом, судя по состоянию деревьев ели, можно заключить о малой пригодности техногенных субстратов для нормального роста этой породы.

Содержание *NPК* в хвое кедр сибирского с различными показателями роста имеет явную тенденцию к постоянному снижению от деревьев максимального размера к среднему и минимальному. Таким образом, наиболее высокая концентрация азота, фосфора и калия отмечена в хвое кедр максимального роста.

Сопоставление наших данных с показателями других исследователей о содержании *NPК* в однолетней хвое кедр сибирского [2, 3], сосны обыкновенной [1] позволяет отметить, что у пород, произрастающих на техногенных субстратах ЕМФ, заметно мень-

шая концентрация азота и фосфора в хвое, чем на естественных почвах. Однако достаточно хорошим показателем обеспеченности растений питательными веществами являются соотношения их содержания (*N/P*, *N/K*, *P/K*). По данным Н.Е. Судачковой и др. [3], соотношение *N/P* для однолетней хвои кедр сибирского в ареале находится в пределах 6,4–7,1. В нашем случае для ЕМФ достаточно благоприятным для этой породы можно считать отношение *N/P* – 6,5–8,4; *N/K* – 1,1–1,5; *P/K* – 0,15–0,21. Для сосны нормальным считается соотношение *N/P*, равное 10–11, а в засушливые годы – 9,2–9,5, что вполне согласуется с данными наших исследований. Оптимальные отношения для сосен Банка и обыкновенной, произрастающих на техногенных субстратах ЕМФ, составили: *N/P* – 9,7 – 9,9; *N/K* – 1,8 – 2,0; *P/K* – 0,18 – 0,20.

Таким образом, полученные данные могут служить в первом приближении тестами при индикации оптимального насыщения *NPК* в хвое культивируемых видов, а следовательно, и для оценки достаточности плодородия конкретных субстратов для продуцирования устойчивых и высокобонитетных насаждений.

#### Библиографический список

1. Бабич, Н.А. Биологическая продуктивность лесных культур / Н.А. Бабич, М.Д. Мерзленко. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 1998. – 89 с.
2. Дроздов, И.И. Методические рекомендации по изучению лесных культур интродуцированных пород / И.И. Дроздов, А.И. Янгутков. – М.: МЛТИ, 1984. – 40 с.
3. Судачкова, Н.Е. Физиология подрост кедр / Н.Е. Судачкова, Е.Я. Расторгуева, Р.А. Коловский. – М.: Наука, 1967. – 122 с.
4. Чернышенко, О.В. Поглощительная способность и газоустойчивость древесных растений в течение вегетации / О.В. Чернышенко: науч. тр. МЛТИ. – Вып. 197. – 1985. – С. 102–104.

## ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ НА НАСЫПНЫХ ГЛАУКОНИТОВЫХ ПЕСКАХ ЕГОРЬЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ФОСФОРИТОВ

С.Б. ВАСИЛЬЕВ, доц. каф. лесных культур МГУЛ, канд. с.-х. наук

При отводе земель под лесную рекультивацию на Егорьевском месторождении фосфоритов (ЕМФ) формирование почвенного профиля не производится. На поверхность спланированных участков выносятся глубокие слои грунта, а верхний слой зональной почвы оказывается погребенным в основании внутреннего отвала. Селективная отсыпка поверхности слоя почвы при снятии вскрыши не применяется, т.к. зональные почвы имеют невысокое плодородие и маломощный гумусовый горизонт [4].

В.В. Андрус и др. [2] считают более пригодным для нанесения на отвалы при рекультивации нарушенных земель глауконитовый песок.

Глауконитовые породы имеют более благоприятный для роста растений гранулометрический состав, обладают хорошей вододерживающей способностью и используются на ЕМФ при сельскохозяйственной рекультивации в качестве насыпного верхнего слоя мощностью до 50–70 см [1].

В связи с этим мы провели исследования с использованием глауконитового песка в качестве мелиоранта субстратов ЕМФ. Было установлено, что содержание гумуса в различных техногенных субстратах незначительное (0,22–0,61 %). Вместе с тем наблюдается тенденция его возрастания в зависимости от увеличения мощности слоя глауконитового песка. Содержание гумуса при мощности глаукони-

тового песка от 10 до 30 см в среднем за весь вегетационный период увеличилось от 0,41 % до 0,61 %, что в 1,7 и 2,6 раза больше, чем на контроле, где его наличие составило 0,24 %.

Выполненные исследования показали, что нанесение глауконитового песка на выровненные техногенные отвалы ЕМФ положительно сказывается на агрохимических свойствах субстрата. Техногенные субстраты, которые были покрыты глауконитовым песком разной мощности, обладают более высоким содержанием подвижных форм азота, фосфора, калия, чем на контроле. Максимальное количество подвижных форм  $N(NH_4^+NO_3^-)$ ,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  наблюдается в варианте, где мощность слоя глауконитового песка составила 30 см.

Результаты исследования культур различных древесных пород на техногенных субстратах с различной мощностью глауконитового песка представлены в табл.

Данные таблицы свидетельствуют об успешном росте на всех вариантах культур сосны обыкновенной, которая в значительной степени опережает в росте культуры лиственницы сибирской и особенно ели европейской. Наилучшие показатели наблюдаются у всех пород на варианте, где мощность глауконитового песка достигает 30 см. Здесь культуры сосны обыкновенной по высоте в 1,5 раза превышают посадки лиственницы сибирской и в 3,6 раза больше ели европейской.

Т а б л и ц а

### Параметрические показатели 10-летних культур на насыпных глауконитовых песках

Порода	Размеры деревьев при мощности глауконитового песка, см							
	0 (контроль)		10		20		30	
	H, м	D, см	H, м	D, см	H, м	D, см	H, м	D, см
С	3,81±0,06	5,3±0,2	3,85±0,05	6,0±0,2	3,96±0,08	5,6±0,2	4,04±0,08	6,1±0,2
Е	0,76±0,04	1,9±0,1	0,77±0,04	1,9±0,1	0,91±0,05	2,1±0,1	1,12±0,07	2,0±0,1
Лс	1,98±0,10	3,1±0,2	2,32±0,20	3,4±0,3	2,21±0,24	3,7±0,2	2,64±0,18	3,8±0,2

Примечание: диаметр сосны на высоте 1,3 м; ели и лиственницы у корневой шейки.

Полученные данные свидетельствуют о том, что тип техногенного субстрата оказывает влияние на рост различных культур. Так, у культур сосны обыкновенной и лиственницы достоверное отличие в росте наблюдается между контролем и вариантом с мощностью глауконитового песка 30 см. Наиболее чувствительно относятся к типу техногенного субстрата культуры ели европейской. Достоверные отличия по высоте у ели европейской наблюдаются почти между всеми исследуемыми вариантами.

Наиболее высокая приживаемость установлена в культурах сосны обыкновенной. Приживаемость березы карельской ниже, чем у сосны обыкновенной, но выше на 50 % лиственницы сибирской и на 18–47 % выше ели. Основной отпад всех исследуемых пород, по видимому, произошел в первые годы после посадки, т.к. усохших или усыхающих деревьев не обнаружено. Это, вероятно, связано с тем, что сеянцы, перенесенные из благоприятных условий питомника на техногенные субстраты ЕМФ, в первые годы переживают «стресс адаптации».

Выполненные исследования культур карельской березы выявили представленность всех ее форм независимо от видов техногенных субстратов. Однако при увеличении слоя глауконитового песка наблюдается снижение количества узорчатых форм, в основном за счет первой – высокоствольной формы и увеличения содержания пятой – безузорчатой формы. Характерно, что основная часть деревьев карельской березы представлена медленно растущими и кустовидными формами, выживающими в экстремальных условиях. Содержание макроэлементов в техногенных субстратах оказало заметное влияние и на параметрические по-

казатели некоторых форм карельской березы. Дисперсионный анализ подтвердил, что в наиболее контрастных вариантах различие параметрических показателей действительно связано с субстратами.

Влияние типа субстрата в основном сказывалось на параметрических показателях кустовидных форм (II и III). Для остальных форм сила влияния незначительная, т. е. на параметрические показатели влияют также и неучтенные факторы [3].

Проведенные исследования показали, что в результате покрытия субстратов глауконитовым песком различной мощности улучшаются их агрохимические свойства, что непосредственно оказывает влияние на рост различных культур. Лучшие результаты роста культур наблюдаются в варианте, где мощность глауконитового песка достигает 30 см. В связи с этим при техническом этапе рекультивации желательно, чтобы слой глауконитового песка, наносимый вместо почвенного слоя, был не менее 30 см.

#### Библиографический список

1. Акопов, М.Н. Сельскохозяйственная рекультивация земель, нарушенных при добыче фосфоритов (на примере Егорьевского месторождения) / М.Н. Акопов: автореф. дис. канд. с.-х. наук. – Воронеж, 1987. – 21с.
2. Андрес, В.В. Опыт рекультивации выработок фосфоритных месторождений / В.В. Андрес, С.В. Карлович, М.Н. Акопов // Земледелие. – 1986. – № 6. – С. 14-16.
3. Казанцева, Е.В. Культуры карельской березы на техногенных субстратах Егорьевского месторождения фосфоритов / Е.В. Казанцева, С.Б. Васильев: науч. тр. МГУЛ. – Вып. 303. – 2000. – С. 79–87.
4. Новожилова, Е.О. Экологическая оценка культур сосны обыкновенной на отвалах Егорьевского месторождения фосфоритов / Е.О. Новожилова: автореф. дис. канд. биол. наук. – М.: МЛТИ, 1994. – 22 с.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ЛЕСООБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕХОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

А.А. ШАДРИН, *проф. МГУЛ, канд. техн. наук,*  
С.Н. ГРИБОВА, *асп. МГУЛ*

Дальнейшее совершенствование всего лесобработывающего производства в условиях лесозаготовительных предприятий связано с развитием производства продукции лесобработывающих цехов. Лесобработывающие цехи, размещенные на нижних лесопромышленных складах, тесно связаны со всем лесозаготовительным циклом и имеют ряд особенностей.

Установлено, что лесозаготовительное производство подвержено воздействию природных факторов. Это воздействие приводит к колебаниям как производительности отдельных машин, так и всего процесса. Изменение таксационных характеристик разрабатываемых лесосек вызывает соответствующие колебания объемов лесозаготовок, изменения в сортиментном плане, в объемном выходе определенных видов сортиментов, изменчивость в широких пределах параметров сырья, поступающего в цех на обработку [1].

Кроме того, организация лесозаготовительного производства в настоящее время в значительной степени зависит от внешней среды его функционирования – спроса на рынке лесопродукции. Лесозаготовительному предприятию приходится самому определять номенклатуру и объемы выпуска лесопродукции, учитывая при этом [4]:

- прибыльность производства;
- возможность обеспечения производственного процесса необходимыми видами древесного сырья;
- спрос на производимую продукцию.

Вероятностный характер рыночной среды заставляет предприятия быстро адаптироваться к часто меняющимся условиям хозяйствования.

При этом лесозаготовительным предприятиям необходимо решить задачу опти-

мизации производственной программы и ее оперативной корректировки в зависимости от колебаний спроса на рынке.

В связи с этим технологические процессы лесобработывающих цехов, размещаемых на нижних лесопромышленных складах, должны быть достаточно совершенны и обладать определенной гибкостью для сглаживания отрицательного влияния изменчивости перечисленных выше природно-производственных факторов и рыночного спроса на лесопродукцию.

Решить стоящие перед лесопромышленным предприятием задачи планирования и управления можно с помощью методов моделирования и оптимизации, а также привлечения современных эффективных средств вычислительной техники. Перспективным решением поставленных задач является применение нейронных систем, т.е. систем, в основе конструкции которых лежат нейронные сети естественного или искусственного происхождения. Объективной причиной активного развития нейроуправления является то, что традиционные методы управления в основном опираются на теорию линейных систем, в то время как реальные объекты являются по своей природе нелинейными. Попытки классическими приближенными методами описать процессы, происходящие в нелинейных системах, как правило, не приводят к качественным результатам. Нейронные сети в последние годы нашли широкое применение во многих задачах науки и техники. Это можно объяснить тем, что [2]:

- использование нейронных сетей не требует знания точной модели процесса, поэтому они эффективны в управлении промышленными процессами, математические модели которых достаточно сложно определить;
- нейронные сети – наилучший из возможных способ аппроксимации и экстраполя-



ции функций. Это справедливо при наличии в процессе обучения нейронных сетей достаточно большого объема обучающей информации, а также грамотного синтеза многослойной нейронной сети, решающей задачу;

- наличие множественных нелинейных функций активации в многослойной нейронной сети обеспечивает эффективную реализацию достаточно гибких нелинейных преобразований. Это важно для решения задач с существенными нелинейностями, для которых традиционные подходы пока не дают практически реализуемых решений;

- необходимым условием применения традиционных методов оптимального адаптивного управления является наличие большого объема априорной информации об объекте управления, например, данных математического моделирования. Благодаря способности нейронных сетей к обучению и самообучению для нейроконтроллеров такой объем информации не требуется. В связи с этим можно полагать, что нейроконтроллеры пригодны для управления в условиях существенных неопределенностей;

- высокая параллельность нейронных сетей является предпосылкой эффективной реализации аппаратной и программно-аппаратной поддержки нейросетевых контроллеров в контуре управления.

Современная нейросеть состоит из нескольких слоев нейронных элементов (рис. 1)

[3]. Входной слой (*input layer*) нейронных элементов выполняет распределительные функции. Выходной слой (*output layer*) нейронов служит для обработки информации от предыдущих слоев и выдачи результатов. Слои нейронных элементов, расположенные между входным и выходным слоями, называются промежуточными, или скрытыми (*hidden layers*). Как и выходной слой, скрытые слои являются обрабатывающими. Выход каждого нейронного элемента предыдущего слоя нейронной сети соединен синаптическими связями со всеми входами нейронных элементов следующего слоя. Таким образом, топология многослойной нейронной сети является однородной и регулярной. Число слоев в многослойной нейронной сети характеризует, каким образом входное пространство может быть разбито на подпространства меньшей размерности.

Одним из положительных свойств нейронных сетей является возможность прогнозирующего управления. Стратегия метода состоит в том, что в каждый конкретный момент времени делается прогноз выхода процесса. Этот прогноз, основанный на математической модели динамики процесса, делается явно или подразумевается в алгоритме управления. Обобщенное прогнозирующее управление обеспечивает как хорошие показатели качества управления, так и асимптотическую устойчивость разнообразных объектов управления.

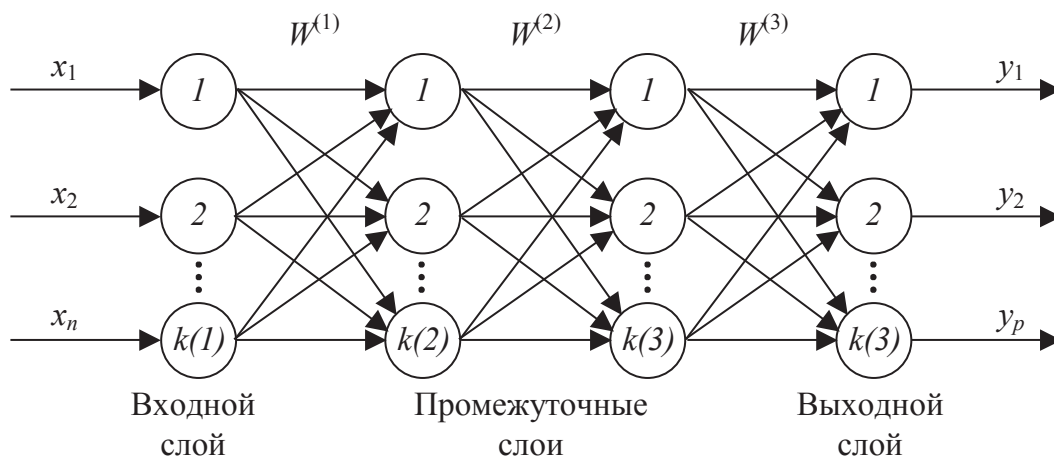


Рис. 1. Многослойная нейронная сеть

Одной из основных особенностей нейросетей является возможность их обучения. Обучение – это процесс непрерывного развития и формирования управления посредством взаимодействия с внешней средой и с учетом индивидуальных требований [3]. В результате обучения происходит перестройка нейронных систем. При этом увеличивается число связей между нейронами, совершенствуются нейроны и взаимодействие между ними. Существует множество правил и алгоритмов обучения нейросетей: правило Хебба, правило Видроу-Хоффа, процедура обучения Розенблатта, алгоритм послонного обучения, алгоритм многократного распространения ошибки и др.

В 1986 г. рядом авторов (*Rumelhart, Hinton, Williams*) независимо друг от друга был предложен алгоритм с обратным распространением информации, который стал эффективным средством обучения многослойных нейронных сетей [3]. Для решения задачи оптимизации производства продукции лесоперерабатывающих цехов с учетом изменчивости рыночного спроса и таксационных характеристик лесосек использовались многослойные нейронные сети, обучение которых производилось именно на алгоритме с обратным распространением информации.

Главным показателем любого предприятия является величина прибыли, получаемая от реализации выпускаемой им продукции. Логично, что для получения наибольшей прибыли производитель может либо снизить затраты на производство, либо увеличить номенклатуру и объем производства продукции лесоперерабатывающих цехов. При этом продавец будет стремиться продать товар по максимальной цене и в большем объеме, но себестоимость товара должна быть минимальна. А покупатель будет стремиться купить товар наилучшего качества, но по минимальной цене. В связи с этим для решения задачи необходимо анализировать потребительский спрос на различные виды продукции лесоперерабатывающих цехов и затраты на производство

того или иного вида товара. Исходя из этого, строятся модели потребителя и производителя, взаимодействующих на рынке [4]

$$A = (t_i^a, p_i^a, v_{ij}^{at}, v_{il}^{ap}, c_{jv}^{at}, c_{lv}^{ap})$$

$$B = (t_i^b, p_i^b, v_{ij}^{bt}, v_{il}^{bp}, c_{jv}^{bt}, c_{lv}^{bp}),$$

где  $A$  – модель потребителя;

$B$  – модель производителя;

$t_i^a$  – продукция, потребляемая  $i$ -м потребителем;

$p_i^a$  – вид древесного сырья, используемого для производства лесопродукции, потребляемой  $i$ -м потребителем;

$v_{ij}^{at}$  – объем продукции  $j$ -го вида, потребляемой  $i$ -м потребителем;

$v_{il}^{ap}$  – объем древесного сырья  $l$ -го вида, используемого для производства продукции, потребляемой  $i$ -м потребителем;

$c_{jv}^{at}$  – рыночная стоимость продукции лесоперерабатывающих цехов  $j$ -го вида с учетом объемов поставок;

$c_{lv}^{ap}$  – рыночная стоимость древесного сырья  $l$ -го вида, используемого для производства лесопродукции лесоперерабатывающих цехов с учетом объемов поставок;

$t_i^b$  – лесопродукция лесоперерабатывающих цехов, производимая  $i$ -м производителем;

$p_i^b$  – вид древесного сырья, используемого для производства лесопродукции, продаваемой  $i$ -м производителем;

$v_{ij}^{bt}$  – объем лесопродукции лесоперерабатывающих цехов  $j$ -го вида, производимые  $i$ -м производителем;

$v_{il}^{bp}$  – объем древесного сырья  $l$ -го вида, используемого для производства продукции, продаваемой  $i$ -м производителем;

$c_{jv}^{bt}$  – удельные затраты производителя на производство и реализацию продукции  $j$ -го вида;

$c_{lv}^{bp}$  – удельные затраты производителя на переработку древесного сырья  $l$ -го вида, используемого для производства продукции лесоперерабатывающих цехов с учетом объемов поставок.

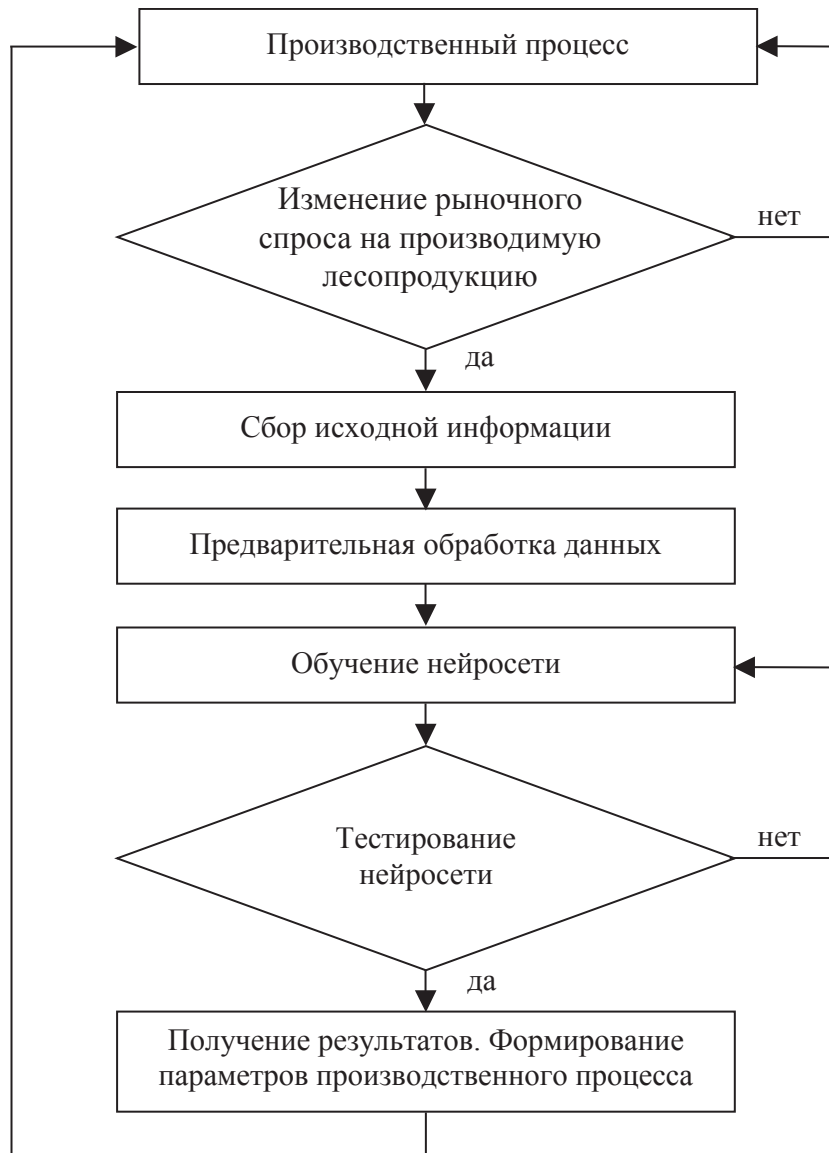


Рис. 2. Алгоритм решения задачи

Целевая функция потребителя продукции лесобрабатывающих цехов, выпускаемой на лесопромышленном предприятии, представляет собой минимум суммарной стоимости покупаемого товара [4]

$$Y_i^a = (\sum v_{ij}^{at} c_{jv}^{at} + \sum v_{il}^{ap} c_{lv}^{ap}) \rightarrow \min.$$

Целевая функция производителя – это минимум затрат на производство и реализацию продукции [4]

$$Y_i^b = \sum v_{ij}^{bt} c_{jv}^{bt} + \sum v_{il}^{bp} c_{lv}^{bp} \rightarrow \min.$$

За критерий оптимальности взята максимальная совокупная прибыль предприятия от производства и реализации продукции лесобрабатывающих цехов. Целевая функция

задачи оптимизации производственной программы лесопромышленного предприятия примет вид [4]

$$W_i = Y_i^a - Y_i^b = (\sum v_{ij}^{at} c_{jv}^{at} + \sum v_{il}^{ap} c_{lv}^{ap}) - (\sum v_{ij}^{bt} c_{jv}^{bt} + \sum v_{il}^{bp} c_{lv}^{bp}) \rightarrow \max.$$

Для решения оптимизационной задачи с помощью нейросети приведенную выше математическую модель преобразуют в нейросетевую модель

$$W'_i(v_{ij}^{bt'}) = (n, Q, V_0, I, O, v_{ij}^{at}, v_{il}^{ap}, c_{jv}^{at}, c_{lv}^{ap}, v_{ij}^{bt}, v_{il}^{bp}, c_{jv}^{bt}, c_{lv}^{bp}),$$

где  $W'_i$  – рекомендованное нейросетью значение  $W_i$ ;

$v_{ij}^{bt'}$  – рекомендованное нейросетью значение  $v_{ij}^{bt}$ ;

$n$  – количество искусственных нейронов, задействованных в нейросети;

$Q$  – матрица коэффициентов весоности нейросети;

$V_0$  – начальное состояние нейросети;

$I$  – вектор внешних входов нейросети, размерность которого определяется декартовым произведением векторов  $v_{ij}^{at}, c_{jv}^{at}, v_{il}^{ap}, c_{lv}^{ap}, v_{ij}^{bt}, c_{jv}^{bt}, v_{il}^{bp}, c_{lv}^{bp}$ ;

$O$  – вектор внешних выходов нейросети, размерность которого определяется размерностью  $v_{ij}^{at}$ .

Алгоритм решения задачи оптимизации приведен на рис. 2.

На этапе сбора информации определяются входные данные для нейросети. В нашем случае это величины  $v_{ij}^{at}, v_{il}^{ap}, c_{jv}^{at}, c_{lv}^{ap}, v_{ij}^{bt}, v_{il}^{bp}, c_{jv}^{bt}, c_{lv}^{bp}$ . Эти параметры заносятся в файл. Этот файл представляет собой таблицу, где каждой строке соответствуют данные одного дня.

Для обучения нейросети надо для каждого набора входных данных, соответствующих одному дню, указать правильный результат прогнозирования – значение  $v_{ij}^{at}$ . Для обучения используется 90 % наборов данных обучающей выборки; 10 % зарезервированы для тестирования нейросети.

Затем задается максимально допустимая величина ошибки во время обучения  $tol$ . Если  $tol = 0$ , то это означает, что выходной результат ( $O$ ), выдаваемый нейросетью, абсолютно точно совпадает с образцом для обучения ( $P$ ). Если же  $tol > 0$ , то выход нейросети  $O$  будет считаться корректным, если он отличается не более чем на 10 % от заданного значения  $P$ . В противном случае в структуру нейросети вносятся изменения таким образом, чтобы в следующей попытке получить более корректный результат. Этот процесс будет продолжаться до тех пор, пока значение ошибки не снизится до установленного параметром  $tol$  предела.

Далее проводится тестирование нейросети. Для этого обученная нейросеть обработает 10 % наборов данных и сравнит полученные

результаты  $O$  с образцами  $P$ . Ошибки будут вычислены, но корректировка структуры нейросети производиться не будет. Если результат тестирования устраивает, то значит сеть готова к применению, в противном случае необходимо вернуться к обучению нейросети.

На этапе получения результатов находим оптимальное решение. Для этого на вход подаются текущая ситуация на лесопромышленном рынке и показатели производственных возможностей лесопромышленных предприятий. На выходе сети получены значения векторов  $W'_i$  и  $v_{ij}^{bt'}$ , соответствующих заданным для обучения оптимальным значениям  $W_i$  и  $v_{ij}^{bt}$ .

Результатом решения задачи оптимизации лесопромышленного предприятия с учетом прогнозируемого потребительского спроса и производственных возможностей предприятия являются оптимальные планируемые значения объемов производства определенных видов товара, позволяющих предприятию получать максимальную прибыль от реализации лесопродукции. Применение нейрокомпьютерной оптимизации позволяет, с одной стороны, уменьшить межоперационные запасы сырья и сократить простои станков в лесопромышленном цехе вследствие отсутствия требуемой номенклатуры сырья – с другой стороны.

Таким образом, нейрокомпьютеры являются перспективным направлением развития производственного процесса лесопромышленного предприятия в сложившихся рыночных условиях. Основой активного развития нейрокомпьютеров является принципиальное отличие от однопроцессорных, микропроцессорных, а также транспьютерных. Нейрокомпьютеры эффективны для решения неформализуемых и плохо формализуемых задач за счет способности нейрокомпьютеров к обучению на реальном экспериментальном материале. Это позволяет использовать нейрокомпьютерные экспертные системы в сочетании с имитационными моделями производственного процесса лесопромышленного цеха, проводить оперативную оценку производственной ситуации, определять

параметры его функционирования и создавать гибкие технологические процессы по обработке древесного сырья с учетом конъюнктуры рынка на лесопroduкцию.

**Библиографический список**

1. Редькин, А.К. Лесобрабатывающие цехи лесозаготовительных предприятий / А.К. Редькин, В.Д. Никишов, А.А. Шадрин. – М.: МГУЛ, 2002. – 101 с.

2. Галушкин, А.И. Теория нейронных сетей / А.И. Галушкин. – М.: ИПРЖР, 2000.  
 3. Головкин, В.А. Нейронные сети: обучение, организация и применение / В.А. Головкин. – М.: Радиотехника, 2001. – 256 с.  
 4. Белозеров, И.Д. Теоретическая основа для нейрокompьютерной оптимизации производственной программы лесопильного предприятия / И.Д. Белозеров, П.П. Кибяков, А.А. Пижурич // Деревообрабатывающая промышленность. – 2000. – № 4. – С. 14–16.

**РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА ПРИ ДВИЖЕНИИ НА КРИВЫХ**

Г.М. СОКОЛОВ, *проф. каф. сопротивления материалов и прикладной механики МарГТУ, д-р техн. наук,*  
 С.А. СТАРИКОВ, *асп. каф. сопротивления материалов и прикладной механики МарГТУ*

В эксплуатационных условиях движение лесовозного автопоезда (ЛАП) по кривым характеризуется явно выраженной нестационарностью и качественно отличается от стационарного движения. При складывании ЛАП изменяется взаимное положение его основных элементов (геометрическая нестационарность), а скорости и ускорения переменны по времени (кинематическая нестационарность) [3]. Эти обстоятельства необходимо учитывать при проектировании ЛАП.

Целью работы является расчетное определение кинематических параметров (скоростей и ускорений) автопоезда в зависимости от условий движения.

Рассмотрен лесовозный автопоезд с крестообразной сцепкой для перевозки хлыстов (рис. 1).

В основу положены известные допущения, позволяющие движение каждого элемента ЛАП в проекции на опорную поверхность (плоскость) считать плоско-параллельным [2, 3].

Выделены характерные точки: *A, B, R* – средние точки передней и задней осей автомобиля и площадки роспуска соответственно, *K* – сцепной крюк.

В системе «человек – автомобиль – дорога» водитель играет роль регулирующего устройства с обратной связью.

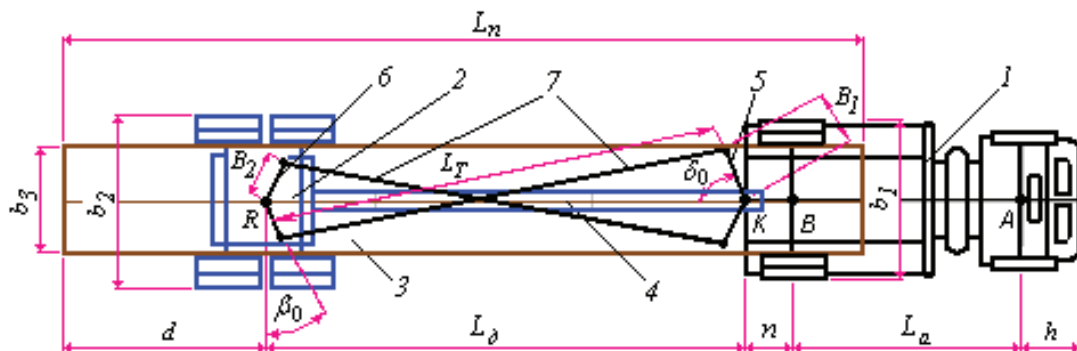


Рис. 1. Лесовозный автопоезд. Основные элементы: 1 – автомобиль-тягач; 2 – роспуск; 3 – пакет хлыстов; 4 – дышло; 5, 6 – тяговые балки автомобиля и роспуска; 7 – тросы; размеры:  $L_a$  – база автомобиля,  $L_o$  – длина дышла,  $n$  – вынос сцепного крюка,  $B_1, B_2, \beta_0, \delta_0$  – конструктивные параметры крестообразной сцепки

Ориентируясь на дорожные условия, он намечает путь следования передних колес автопоезда сообразно создавшейся ситуации и своими действиями обеспечивает движение точки  $A$  по заданной траектории. Поэтому траекторию точки  $A$  целесообразно назвать **управляющей** траекторией наряду с понятием основной траектории (точки  $B$ ), введенной Я.Х. Закиным [2].

Разработанная ранее математическая модель [3] позволяет решать кинематические задачи для общего случая, когда движение т.  $A$  задано произвольно.

Положим, известны траектория и закон движения т.  $A$

$$y_A = y_A(x_A), \quad s_A = s_A(t). \quad (1)$$

Тогда зависимость координат от времени  $t$

$$x_A(t) = x_A(s_A(t)), \quad y_A(t) = y_A(x_A(s_A(t))). \quad (2)$$

Выражение  $x_A(s_A)$  находится как обратная функция

$$s_A(x_A) = \int_0^{x_A} \sqrt{1 + y'^2_{Ax}} dx_A. \quad (3)$$

Скорость, касательное и нормальное ускорения [4]

$$v_A = \dot{s}_A, \quad w_A^t = \dot{s}_A, \quad w_A^n = \frac{v_A^2}{\rho_A}, \quad (4)$$

где  $\rho_A$  – радиус кривизны траектории.

$$\rho_A = (\dot{x}_A^2 + \dot{y}_A^2)^{\frac{3}{2}} / (\dot{x}_A \ddot{y}_A - \ddot{x}_A \dot{y}_A). \quad (5)$$

При голономных связях все остальные кинематические величины выражаются через параметры т.  $A$ .

На рис. 2 показана схема скоростей и ускорений. Точки  $P_1, P_2, P_3$  – мгновенные центры скоростей автомобиля, дышла и пакета хлыстов соответственно,  $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3, \zeta_4$  – углы между продольными осями элементов ЛАП и положительным направлением оси  $x$ .

Скорости.

Скорости точек.

При отсутствии бокового увода вектор скорости т.  $B$  направлен вдоль продольной оси автомобиля ( $\alpha_B = 0$ ). Поэтому

$$v_B = v_A \cos \alpha_A, \quad (6)$$

где  $\alpha_A$  – угол между вектором  $\bar{v}_A$  и продольной осью автомобиля

$$\alpha_A = \arctg(y'_{Ax}) - \zeta_1. \quad (7)$$

Точка  $K$

$$v_K = v_A \frac{\cos \alpha_A}{\cos \alpha_K}, \quad (8)$$

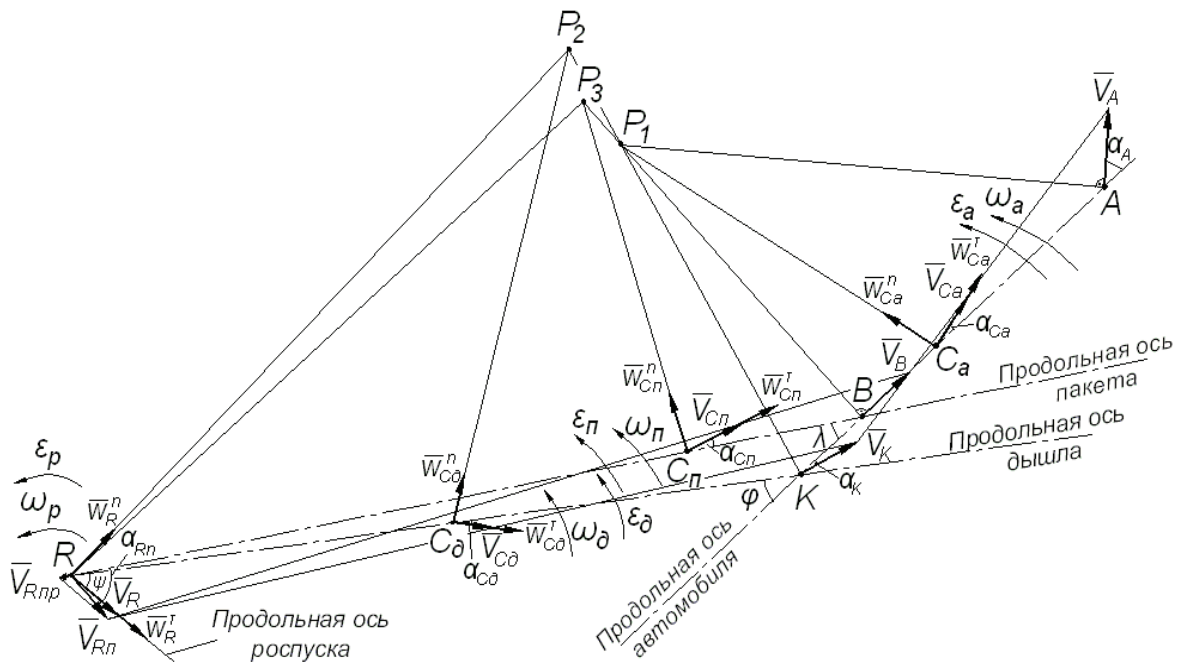


Рис. 2. Схема скоростей и ускорений

где  $\alpha_K$  – угол между вектором  $\bar{v}_K$  и продольной осью автомобиля

$$\alpha_K = \operatorname{arctg} \left( -\frac{n}{L_a} \operatorname{tg} \alpha_A \right). \quad (9)$$

Центр масс автомобиля т.  $C_a$

$$v_{C_a} = v_A \frac{\cos \alpha_A}{\cos \alpha_{C_a}}, \quad (10)$$

где  $\alpha_{C_a}$  – угол между направлением  $\bar{v}_{C_a}$  и продольной осью автомобиля

$$\alpha_{C_a} = \operatorname{arctg} \left( \frac{L_a - AC_a \operatorname{tg} \alpha_A}{L_a} \right). \quad (11)$$

Зависимость  $\psi = \psi(\varphi)$ , выражающая функциональную структуру крестообразной сцепки, определяется конструктивными параметрами [3]

$$\begin{aligned} \psi(\varphi) = & -\frac{\pi}{2} - \beta_0 - \\ & - \operatorname{arccos} \frac{L_\delta - B_1 \cos(\varphi + \delta_0)}{\sqrt{B_1^2 - 2L_\delta B_1 \cos(\varphi + \delta_0) + L_\delta^2}} + \\ & + \operatorname{arccos} \frac{0,5(L_\delta^2 + B_1^2 + B_2^2 - L_T^2) - L_\delta B_1 \cos(\varphi + \delta_0)}{B_2 \sqrt{B_1^2 - 2L_\delta B_1 \cos(\varphi + \delta_0) + L_\delta^2}}, \quad (12) \end{aligned}$$

где

$$L_T = \sqrt{L_\delta^2 + B_1^2 + B_2^2 + 2B_1 B_2 \sin(\delta_0 - \beta_0) - 2L_\delta B_1 \cos \delta_0 + 2L_\delta B_2 \sin \beta_0}$$

– длина троса;

$\varphi = \zeta_1 - \zeta_2$  – угол складывания автопоезда.

Центр масс дышла т.  $C_\delta$

$$v_{C_\delta} = v_A \frac{\cos \alpha_A \cos(\varphi + \alpha_K)}{\cos \alpha_K \cos \alpha_{C_\delta}}, \quad (13)$$

где  $\alpha_{C_\delta}$  – угол между направлением  $\bar{v}_{C_\delta}$  и продольной осью дышла

$$\alpha_{C_\delta} = \operatorname{arctg} \left[ \frac{\operatorname{tg}(\varphi + \alpha_K) - \frac{KC_\delta}{L_\delta} (\operatorname{tg}(\varphi + \alpha_K) - \operatorname{tg} \psi)}{\quad} \right]. \quad (14)$$

Роспуск – т.  $R$

$$v_R = v_A \frac{\cos \alpha_A \cos(\varphi + \alpha_K)}{\cos \alpha_K \cos \psi}. \quad (15)$$

Абсолютная скорость т.  $R$  пакета равна векторной сумме скоростей точки роспуска  $\bar{v}_R$  и скорости относительного скольжения пакета  $\bar{v}_{Rnp}$

$$\bar{v}_{Rn} = \bar{v}_R + \bar{v}_{Rnp}, \quad (16)$$

ее модуль

$$v_{Rn} = \sqrt{v_R^2 + v_{Rnp}^2 - 2v_R v_{Rnp} \cos(\zeta_4 - \zeta_3)},$$

$$\text{где } v_{Rnp} = \frac{n L_\delta \sin \varphi}{\sqrt{n^2 + L_\delta^2 + 2n L_\delta \cos \varphi}} \dot{\varphi}.$$

Угол между вектором  $\bar{v}_{Rn}$  и продольной осью пакета хлыстов

$$\alpha_{Rn} = \zeta_4 - \zeta_3 + \operatorname{arcsin} \left( \frac{v_{Rnp}}{v_{Rn}} \sin(\zeta_4 - \zeta_3) \right). \quad (17)$$

Центр масс пакета т.  $C_n$

$$v_{C_n} = v_A \frac{\cos \alpha_A \cos \lambda}{\cos \alpha_{C_n}}, \quad (18)$$

где  $\lambda = \zeta_1 - \zeta_3$  – угол между продольными осями автомобиля и пакета.

Угол  $\alpha_{C_n}$  между направлением  $\bar{v}_{C_n}$  и продольной осью пакета

$$\alpha_{C_n} = \operatorname{arctg} \left[ \operatorname{tg} \lambda - \frac{BC_n \sin(\lambda - \alpha_{Rn})}{BR \cos \alpha_{Rn} \cos \lambda} \right], \quad (19)$$

где  $BR = \sqrt{n^2 + L_\delta^2 + 2n L_\delta \cos \varphi}$  – расстояние между кониками.

*Угловые скорости элементов автопоезда*

Автомобиль

$$\omega_a = v_A \frac{\sin \alpha_A}{L_a}. \quad (20)$$

Дышло

$$\omega_\delta = v_A \frac{\cos \alpha_A \sin(\varphi + \alpha_K - \psi)}{L_\delta \cos \alpha_K \cos \psi}. \quad (21)$$

Роспуск

$$\omega_p = \omega_\delta + \dot{\psi}. \quad (22)$$

Пакет хлыстов

$$\omega_n = \frac{v_{Rn} \sin(\lambda - \alpha_{Rn})}{BR \cos \lambda}. \quad (23)$$

*Ускорения*

*Линейные ускорения точек*

*Касательные ускорения центров масс*

Автомобиль

$$w_{C_a}^r = w_A^r \frac{\cos \alpha_A}{\cos \alpha_{C_a}} + v_{C_a} (\operatorname{tg} \alpha_{C_a} \dot{\alpha}_{C_a} - \operatorname{tg} \alpha_A \dot{\alpha}_A). \quad (24)$$

Дышло

$$\begin{aligned} w_{C_\delta}^r = & w_A^r \frac{\cos \alpha_A \cos(\varphi + \alpha_K)}{\cos \alpha_K \cos \alpha_{C_\delta}} + \\ & + v_{C_\delta} \left[ \operatorname{tg} \alpha_K \dot{\alpha}_K + \operatorname{tg} \alpha_{C_\delta} \dot{\alpha}_{C_\delta} - \right. \\ & \left. - \operatorname{tg}(\varphi + \alpha_K) (\dot{\varphi} + \dot{\alpha}_K) - \operatorname{tg} \alpha_A \dot{\alpha}_A \right]. \quad (25) \end{aligned}$$

Роспуск

$$w_R^\tau = w_A^\tau \frac{\cos \alpha_A \cos(\varphi + \alpha_K)}{\cos \alpha_K \cos \psi} + v_R \left[ \begin{array}{l} tg \alpha_K \dot{\alpha}_K + tg \psi \dot{\psi} - \\ -tg(\varphi + \alpha_K)(\dot{\varphi} + \dot{\alpha}_K) - tg \alpha_A \dot{\alpha}_A \end{array} \right]. \quad (26)$$

Пакет

$$w_{Cn}^\tau = w_A^\tau \frac{\cos \alpha_A \cos \lambda}{\cos \alpha_{Cn}} + v_{Cn} (tg \alpha_{Cn} \dot{\alpha}_{Cn} - tg \lambda \dot{\lambda} - tg \alpha_A \dot{\alpha}_A). \quad (27)$$

Нормальное ускорение  $k$ -й точки  $i$ -го элемента автопоезда

$$w_{ki}^n = v_{ki}^2 / \rho_{ki}, \quad (28)$$

где  $\rho_{ki}$  определяется аналогично (5).

*Угловые ускорения*

Автомобиль

$$\varepsilon_a = (w_A^\tau tg \alpha_A + v_A \dot{\alpha}_A) \frac{\cos \alpha_A}{L_a}. \quad (29)$$

Дышло

$$\varepsilon_\delta = w_A^\tau \frac{\cos \alpha_A \sin(\varphi + \alpha_K - \psi)}{L_\delta \cos \alpha_K \cos \psi} + v_\delta \left[ \begin{array}{l} tg \alpha_K \dot{\alpha}_K + tg \psi \dot{\psi} + ctg(\varphi + \\ + \alpha_K - \psi)(\dot{\varphi} + \dot{\alpha}_K - \dot{\psi}) - tg \alpha_A \dot{\alpha}_A \end{array} \right]. \quad (30)$$

Роспуск

$$\varepsilon_p = \varepsilon_\delta + \ddot{\psi}. \quad (31)$$

Пакет

$$\varepsilon_n = w_{Rn}^\tau \frac{\sin(\lambda - \alpha_{Rn})}{BR \cos \lambda} + v_n \left[ \begin{array}{l} ctg(\lambda - \alpha_{Rn})(\dot{\lambda} - \dot{\alpha}_{Rn}) + \\ + tg \lambda \dot{\lambda} - \frac{n L_\delta \sin \varphi}{BR^2} \dot{\varphi} \end{array} \right] \quad (32)$$

(в последующем участвующие в расчетах производные  $\dot{\psi}$ ,  $\ddot{\psi}$  из-за их большого объема не приводятся, а при расчетах на ПЭВМ находят с помощью программных средств).

Уравнение неподвижной центроиды (НЦ)  $i$ -го элемента

$$x_{Pi} = x_{Pi} - \frac{v_{Pi}}{\omega_i} \frac{y'_{Pi, x_{Pi}}}{\sqrt{1 + y'^2_{Pi, x_{Pi}}}}, \quad y_{Pi} = y_{Pi} + \frac{v_{Pi}}{\omega_i} \frac{1}{\sqrt{1 + y'^2_{Pi, x_{Pi}}}}, \quad (33)$$

где  $x_{Pi}, y_{Pi}$  – координаты точки  $P_i$ , принятой за полюс, в неподвижной системе координат.

Уравнение подвижной центроиды (ПЦ)

$$\mu_{Pi} = \mu_{Pi} - (y'_{Pi, x_{Pi}} \cos \zeta_i - \sin \zeta_i) \frac{1}{\sqrt{1 + (y'_{Pi, x_{Pi}})^2}}, \quad v_{Pi} = v_{Pi} + (\cos \zeta_i - y'_{Pi, x_{Pi}} \sin \zeta_i) \frac{\dot{y}'_{Pi, x_{Pi}}}{\sqrt{1 + (y'_{Pi, x_{Pi}})^2}}, \quad (34)$$

где  $\mu_{Pi}, v_{Pi}$  – координаты полюса в подвижной системе координат.

Наглядной иллюстрацией картины распределения ускорений точек подвижной плоскости, связанной с элементом автопоезда, служат круги Лагира и Бресса [1, 4].

Круг Лагира (круг перегибов) ограничен окружностью, нормальные ускорения точек которой равны нулю,

$$(x - x_{Li})^2 + (y - y_{Li})^2 = r_{Li}^2. \quad (35)$$

Ее радиус и координаты центра

$$r_{Li} = \frac{v_{Pi}}{2\omega_i}, \quad \text{где } v_{Pi} = \sqrt{\dot{x}_{Pi}^2 + \dot{y}_{Pi}^2}; \quad (36)$$

$$x_{Li} = x_{Pi} + \frac{\dot{y}_{Pi}}{2\omega_i}, \quad y_{Li} = y_{Pi} - \frac{\dot{x}_{Pi}}{2\omega_i}. \quad (37)$$

Круг Бресса (круг перемены) ограничен окружностью, касательные ускорения точек которой равны нулю,

$$(x - x_{\delta Pi})^2 + (y - y_{\delta Pi})^2 = r_{\delta Pi}^2. \quad (38)$$

Ее радиус и координаты центра

$$r_{\delta Pi} = r_{Li} ctg \theta_i, \quad \text{где } \theta_i = arctg \frac{\varepsilon_i}{\omega_i^2}; \quad (39)$$

$$x_{\delta Pi} = x_{Pi} + r_{\delta Pi} \frac{\dot{x}_{Pi}}{v_{Pi}}, \quad y_{\delta Pi} = y_{Pi} + r_{\delta Pi} \frac{\dot{y}_{Pi}}{v_{Pi}}. \quad (40)$$

Например, рассмотрим движение лесовозного автопоезда МАЗ-509А + ГКБ-9383 + пакет хлыстов [5] на криволинейном участке пути, когда средняя точка передней оси тягача (т. А) следует по траектории в виде «восьмерки» – двух соприкасающихся окружностей радиусов  $R_1 = R_2 = 20$  м с центрами  $O_1(0; 20)$  и  $O_2(0; -20)$ . Вид траектории и направление движения показаны на рис. 3а.

Положительной особенностью такого движения является то, что оно сопровождается знакопеременностью кривизны траекторий характерных точек.



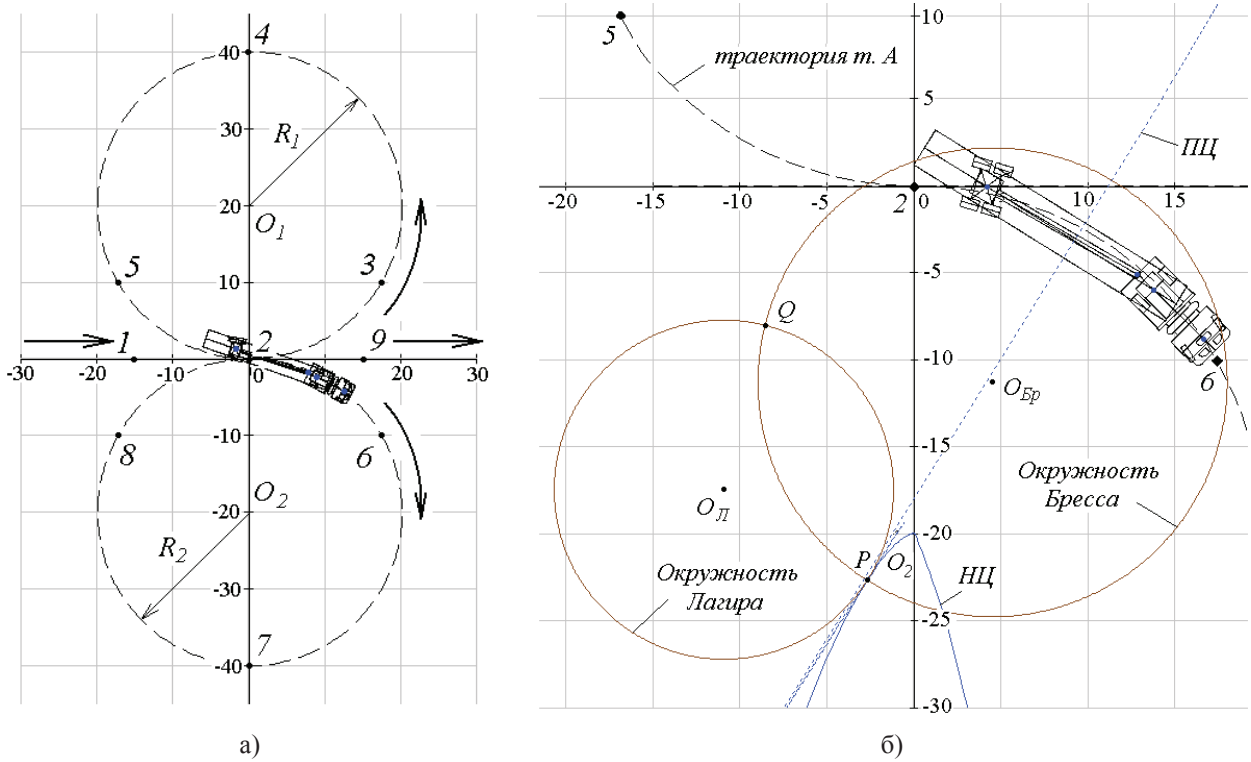


Рис. 3. К примеру: а) траектория т. А и направление движения; б) движение ЛАП на участке 5-2-6

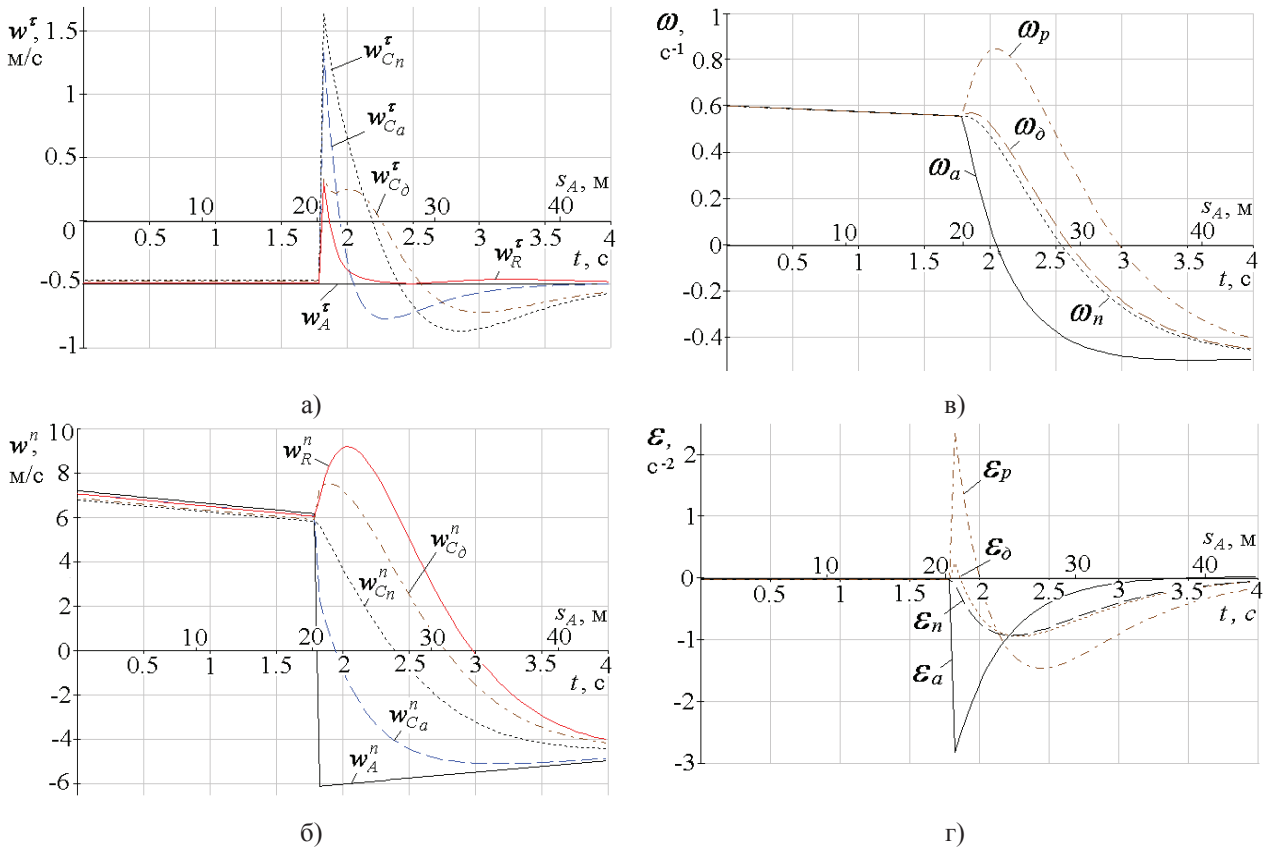


Рис. 4. Графики зависимостей: а)  $w^r = w^r(t)$ ; б)  $w^n = w^n(t)$ ; в)  $\omega = \omega(t)$ , г)  $\varepsilon = \varepsilon(t)$

Поэтому результаты его изучения могут служить основой критериальных оценок эксплуатационных качеств лесовозного автопоезда в условиях движения на кривых.

Основные размеры автопоезда:  $L_a = 3,95 \text{ м}$ ,  $n = 1,25 \text{ м}$ ,  $L_o = 10 \text{ м}$ ,  $B_1 = 1,34 \text{ м}$ ,  $B_2 = 1,5 \text{ м}$ ,  $\beta_0 = 4^\circ$ ,  $\delta_0 = 85^\circ$  (рис. 1). Положения центров масс элементов ЛАП:  $AC_a = 3 \text{ м}$ ,  $KC_o = 7 \text{ м}$ ,  $BC_n = 4 \text{ м}$  (рис. 2)

Проведена сравнительная оценка различных законов движения т. А по заданной траектории: равномерное движение, разгон и торможение. Установлено, что нестационарность наблюдается на переходных участках 1–2–3 (вход в кривую), 5–2–6 (переход с одной окружности на другую), 8–2–9 (выход из кривой). Наибольший интерес представляет движение по участку 5–2–6 в режиме разгона или торможения.

Рассмотрен закон движения т. А по этому участку

$$s_A(t) = 12t - \frac{1}{4}t^2, \text{ м (режим торможения).}$$

На рис. 3-б показаны траектория т. А, подвижная и неподвижная центроиды, для момента времени  $t = 3,5 \text{ с}$  круги Лагира и Бресса, относящиеся к пакету хлыстов. В частности, из рисунка видно, что к заданному моменту времени переменна знака нормального ускорения состоялась (центр масс пакета находится за пределами круга Лагира), а для касательного ускорения она еще не произошла (центр масс находится внутри круга Бресса).

Зависимости касательных и нормальных ускорений центров масс, угловых скоростей и ускорений элементов ЛАП от времени и пройденного пути показаны на рис. 4. Очевидно, что на переходном участке 5–2–6 нестационарность кинематических параметров имеет явно выраженный характер.

### Выводы

1. Нестационарное криволинейное движение является наиболее распростра-

ненным и ответственным видом эксплуатационных режимов лесовозных автопоездов. Поэтому результаты его кинематических исследований должны учитываться при их проектировании и назначении норм эксплуатации.

2. Построенная математическая модель позволяет проводить расчет кинематических параметров лесовозного автопоезда для общего случая криволинейного движения. При этом имеется возможность их расчета для многозвенных ЛАП с двумя и большим числом пакетов хлыстов.

3. Ускорения центров масс и угловые ускорения элементов ЛАП имеют место как при неравномерном движении вследствие кинематической нестационарности, так и при равномерном, когда сказывается геометрическая нестационарность.

4. Полученные кинематические соотношения могут быть положены в основу динамических исследований движения многозвенного лесовозного автопоезда по кривым. Они позволяют провести анализ изучаемых процессов при различных траекториях и законах движения.

Работа выполнена при финансировании гранта Конкурсного центра фундаментального естествознания для поддержки аспирантов 2004 г. (шифр А04-3.21-660).

### Библиографический список

1. Артоболевский, И.И. Теория механизмов / И.И. Артоболевский. – М: Наука, 1967. – 719 с.
2. Закин, Я.Х. Маневренность автомобиля и автопоезда / Я.Х. Закин. – М.: Транспорт, 1986. – 136 с.
3. Соколов, Г.М. Движение лесовозного автопоезда на кривых. Теория. Расчет. Эксперимент / Г.М. Соколов. – ВИНТИ, 1998. – № 2507-В98. – 274 с.
4. Соколов, Г.М. Исследование точек подвижной плоскости по геометрическим признакам / Г.М. Соколов. – ВИНТИ, 1985. – № 3309-85. – 34 с.
5. Тягач лесовозный МАЗ-509А. Техническое описание и инструкция по эксплуатации / М.С. Высоцкий. – Минск, «Полымя», 1980. – 240 с.

## ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА АНТИФРИКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН

А.И. СЕРЕБРЯНСКИЙ, *ст. преподаватель каф. технологии и оборудования лесопромышленного производства ВГЛТА, канд. техн. наук*

В лесной промышленности широко применяется технологическое оборудование манипуляторного типа. Рабочий ресурс оборудования такого типа в значительной мере определяют шарнирные соединения. Однако детали трущихся пар имеют значительно меньший рабочий ресурс по сравнению с ресурсом металлоконструкций и базовых машин.

Одним из путей повышения износостойкости пар трения является применение смазок. Однако вопросу смазки шарнирных соединений технологического оборудования лесных машин необходимо уделить особое внимание. Под влиянием больших удельных нагрузок и реверсивности трения смазка выдавливается из зоны контакта, и смазывание трущихся поверхностей шарнира происходит в граничном, сухом, редко полужидкостном режиме. Это отрицательно влияет на износостойкость шарниров, т.к. возникают такие явления, как схватывание и заедание. К тому же жидкая смазка без соответствующих присадок интенсифицирует водородное и окислительное изнашивание. Очевидно, что для смазки шарниров манипуляторов наиболее рационально было бы предположить твердую смазку, которая обеспечила бы устойчивое промежуточное тело между трущимися поверхностями и которая в какой-то мере было бы способна противостоять высокому нормальному давлению и гасить сдвиговые напряжения, не передавая их на основной материал. Применение твердых смазок позволит снизить влияние водородного и окислительного изнашивания, действие пластических деформаций, повысить сопротивление усталостному изнашиванию, исключить схватывание и заедание.

В настоящее время в качестве антифрикционного материала в шарнирных со-

единениях лесных манипуляторов используется Бр О5Ц5С5, в отдельных случаях стали использовать и антифрикционные чугуны. Однако существует несколько классов перспективных антифрикционных материалов, которые возможно использовать в шарнирных соединениях лесных манипуляторов. К ним относятся полимеры (полиамиды, полиформальдегиды, полиурестаны и т.д.), антифрикционные пластики типа АМАН (ЭСТЕРАН, ТЕСАН, ВИЛАН), материалы на основе древесины (АПД-1, АПД-2 и др.), ленточные (слоистые) материалы (М1, Л90, 4-ДВ и т. д.), углеграфитные материалы (АО-600, АГ-1500, АФГМ), металлокерамические материалы (ЖГр-1-20, АЖГр-6-3 и т.д.).

Для использования эффекта избирательного переноса можно использовать металлоплакирующие смазочные материалы, обеспечивающие сервовитную пленку на трущихся поверхностях (Свинцоль 01, ВНИИ НП-254, ЦИАТИМ-201, MoS<sub>2</sub>, ЦИАТИМ-203, ЦИАТИМ-201+30 % MoS<sub>2</sub> и некот. др.), а также при специальном подборе материалов трущихся поверхностей.

Применять антифрикционный материал какого-либо из перечисленных классов необходимо, исходя из прочностных свойств материалов, а также эффективности и рентабельности.

Как видно из вышеизложенного, пластичные смазки не оправдывают своего применения в шарнирах лесных манипуляторов. Очевидно, необходимо применять при технологической разработке шарнирного соединения такие материалы, при использовании которых дополнительный подвод смазки не требуется. При выборе материалов для подшипниковых узлов необходимо разработать основные требования, предъявляемые к ним.

Для подшипников скольжения в узлах трения шарнирных соединений лесных манипуляторов эти требования можно изложить следующим образом: материалы должны обладать более высокой износостойкостью, чем сплавы цветных металлов, используемых в подшипниках скольжения; используемые материалы при работе в паре с металлами не должны образовывать задиры на сопряженных поверхностях трения; следует снизить износ металлической оси, работающей в паре с антифрикционным материалом; подшипники из этих материалов должны сохранять свою работоспособность в случае проникновения в зону трения жидкости с наличием абразивных частиц; допустимая температура эксплуатации материалов должна быть не ниже  $80^{\circ}\text{C}$ ; уменьшение диаметров втулок в этих материалах в результате повышения температуры и влажности окружающей среды должно обеспечить возможность работы подшипников при сборочном диаметральном зазоре не более  $0,1\text{--}0,3$  мм; характеристики трения новых материалов по стали должны быть не хуже, чем у сплавов цветных металлов; материалы не должны быть дефицитными, дорогими, токсичными; методы изготовления деталей из этих материалов должны быть удобны для организации централизованного производства взаимозаменяемых деталей, при этом трудоемкость и доля ручного труда при изготовлении подшипников должны быть минимальными.

Материалы, отвечающие указанным требованиям, позволяют снизить себестоимость и трудоемкость изготовления подшипников скольжения, повысить надежность и долговечность работы узлов, упростить их эксплуатацию и ремонт.

Для изготовления антифрикционной втулки из всех рассмотренных типов и классов антифрикционных материалов после сравнения их физических, химических и физико-механических свойств были выбраны самосмазывающиеся антифрикционные пластики типа АМАН. Такой выбор предопределяет то, что они имеют достаточно высокий предел

прочности ( $80\text{--}100$  МПа) [1], низкий коэффициент трения по стали, бензо- и маслостойки, вибропрочны, не боятся влаги. Эти пластики значительно дешевле и менее дефицитны, чем цветные сплавы [2]. При работе в паре с пластиками значительно меньше изнашиваются металлические детали. Пластики имеют меньшую твердость, чем металлы, поэтому при одинаковой нагрузке площадь пятна контакта пластиковой и металлической детали всегда больше, чем при сопряжении двух металлических деталей. Благодаря этому величина максимальных контактных напряжений в полимерном подшипнике гораздо ниже, чем в металлическом, что благоприятно сказывается не только на сроке службы полимерной втулки, но и металлического вала. Ударные нагрузки в пластиковых подшипниках вызывают гораздо меньшие разрушения, чем в металлических. Практика позволила установить еще одно преимущество пластиков перед металлами, которое заключается в более высокой абразивной износостойкости. Податливость пластика позволяет твердым частицам погружаться в тело втулки, благодаря чему износ подшипника резко уменьшается. Проведенные в проектно-конструкторском бюро Главстроймеханизации Минстроя СССР лабораторные и эксплуатационные испытания на изнашивание подшипников такого типа, работавших в абразивной среде, показали, что их износостойкость на  $25\text{--}40\%$  выше по сравнению с бронзой [2]. Пластики типа АМАН представляют собой многокомпонентные системы, в которых в качестве связующего использованы полимеры. В качестве наполнителя в их состав входят твердые смазки со слоистой структурой [3].

Перерабатываются пластики методом компрессионного и литьевого прессования под давлением от  $40$  до  $100$  МПа при температуре (в зависимости от применяемого связующего)  $230\text{--}500^{\circ}\text{C}$ .

Применение пластиков типа АМАН в качестве антифрикционного материала упразднит необходимость периодической подачи смазки в зазор шарнирного соединения, в ре-

зультате чего отпадет необходимость в масляных каналах. Кроме того, металлы, из которых изготовлены вал и охватывающая проушина, сопрягаются с более мягким антифрикционным материалом, следовательно, износ поверхностных слоев сопрягаемых деталей за счет упругих и пластических деформаций будет происходить в основном в антифрикционной втулке, в меньшей мере передаваясь на палец и охватывающую проушину.

Таким образом, предлагаемые антифрикционные материалы могут существенно повысить рабочий ресурс шарнирных соединений лесопромышленных манипуляторов, что подтверждается проведенными исследованиями.

## АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ

Е.П. ЯСЕНКОВ, доц. каф. машиноведения и деталей машин БрГУ, канд. техн. наук

**В** настоящее время лесовозный автотранспорт занимает важнейшую роль при перевозках древесины из лесосек на нижние склады и далее на деревообрабатывающие предприятия, отгрузочные площадки и т.п.

Важнейшей подсистемой автомобильного транспорта (АТ) является техническая эксплуатация автомобилей (ТЭА). Основная цель оптимизации ТЭА заключается в определении и реализации наиболее эффективных путей и методов управления техническим состоянием автомобильного парка [1].

В себестоимости автомобильных перевозок удельный вес эксплуатационных расходов на ТО и текущий ремонт (ТР) автопарка составляет 12–15 % [1]. Тенденция роста эксплуатационных затрат на автомобильном транспорте сохранится и в будущем. Это объясняется тем, что трудозатраты на ТО и ТР автомобиля до его списания в 30–50 раз превышают трудозатраты на его изготовление.

Актуальность исследований автора заключается в том, что эффективность использования транспортных средств может быть повышена за счет сокращения непроизводительных простоев, снижения трудоемкости техническо-

## Библиографический список

1. Трение, изнашивание и смазка: справочник / Под ред. И.В. Крагельского и В.В. Алисина. – Т. 1. – М.: Машиностроение, 1978. – 400 с.
2. Башкарев, А.Я. Пластмассы в строительных и землеройных машинах / А.Я. Башкарев и др. – Л.: Машиностроение, 1981. – 191 с.
3. Серебрянский, А.И. О целесообразности изменения смазочного материала в шарнирных соединениях лесных манипуляторов / А.И. Серебрянский, Н.С. Смогунов // Повышение технического уровня машин лесного комплекса: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Воронеж, 1999. – С. 83–85.
4. Гаркунов, Д.Н. Повышение износостойкости деталей конструкций самолетов / Д.Н. Гаркунов, А.А. Поляков. – М.: Машиностроение, 1974. – 200 с.

го обслуживания (ТО) и ремонта (Р) подвижного состава, увеличения грузооборота автомобилей с дизельными двигателями. Выполнение указанных задач в значительной мере зависит от качественной работы технической службы автотранспортных предприятий (АТП). Таким образом, задача совершенствования системы и организации ТО и Р автомобилей, в частности, оптимизация режимов технического обслуживания для конкретных условий эксплуатации, является весьма актуальной.

Теоретические основы построения и совершенствования системы и организации ТО и Р подвижного состава АТ исследовались многими авторами и коллективами [2–5], но ряд вопросов, связанных с совершенствованием режимов ТО, особенно для новых моделей автомобилей, работающих в особых условиях эксплуатации (низкие температуры, недостаточно развитая производственно-техническая база АТП, дефицит материальных и трудовых ресурсов и т.д.), требует дальнейшего развития.

В работах [4] отмечается, что ТЭА как наука развивается на базе основных положений теории надежности, которая изуча-

ет процессы старения машин, устанавливает закономерности и причины отказов, а также методы их прогнозирования. Поэтому теория надежности является инструментом для количественной оценки изменения эксплуатационных свойств автомобиля во времени.

В настоящее время при оценке надежности машин сформировались 2 основных направления [1, 6, 7]. Первое направление возникло в машиностроении и связано с определением показателей надежности на стадии проектирования машин [6, 7]. Второе – с надежностью транспортных средств (ТС) в эксплуатации. Наиболее важные принципы и методы исследования эксплуатационной надежности автомобилей нашли отражение в работах [1, 2, 4].

Одним из основных понятий теории надежности является отказ, т.е. нарушение работоспособности объекта [8]. По данным [1], у грузовых автомобилей износ трущихся поверхностей является причиной 40 % отказов на пробеге до 100 тыс. км и 47–98 % отказов – на пробеге до 200 тыс. км. Это свидетельствует о недостаточной эффективности существующей системы и организации ТО и Р автомобилей.

Авторы [1, 2, 4] отмечают, что техническое состояние автомобиля изменяется под воздействием как постоянно действующих внутренних факторов, связанных с работой отдельных агрегатов автомобиля, так и внешних (случайных) условий, при которых работает автомобиль.

Основными постоянно действующими факторами являются: износ и деформация деталей, усталостное разрушение и коррозия, а также изменение физико-химических свойств деталей [2, 4].

К внешним условиям эксплуатации относят: дорожные условия и условия движения, транспортные условия и интенсивность использования автомобиля, природно-климатические и сезонные условия региона [1, 5].

В работе [1] Е.С. Кузнецов изложил теорию управления технической эксплуатацией автомобилей, в которой определил основные пути повышения эффективности ТЭА. Проведенные в НИИАТ исследования позволили вы-

делить 6 групп внешних факторов, составляющих дерево систем или программ технической эксплуатации и влияющих на эффективность ТЭА: подвижной состав и эксплуатационные материалы; система и организация ТО и Р; производственно-техническая база; эффективность работы персонала; условия эксплуатации; система снабжения и резервирования.

Автор данной статьи полагает, что в условиях АТП лишь система и организация ТО и Р могут быть управляемыми и подвижными факторами. Все другие внешние факторы следует, очевидно, отнести к частично управляемым, неуправляемым (учитываемым) или консервативным (для существенного изменения которых требуется много времени).

В литературе [1] отмечается также, что недостаточная эффективность автомобильного транспорта объясняется, в первую очередь, неумением выделить и связать главные цели, стоящие перед АТ в целом и ТЭА в частности.

По нашему мнению, недостаточная эффективность работы автотранспорта вызвана и другими важными причинами.

Во-первых, состоянием системы и организации ТО и Р автомобилей. Для повышения эффективности технической эксплуатации необходимо оценить состояние системы и организации технического обслуживания и ремонта на современном этапе, перспективы развития и наметить основные пути их дальнейшего совершенствования.

Во-вторых, интенсивность изменения технического состояния автомобильного парка зависит не только от условий эксплуатации, но и, главным образом, от совокупного воздействия всех шести групп внешних факторов. Необходимо оценить влияние этих факторов на показатели эффективности ТЭА и показатели работы автомобильного транспорта.

В-третьих, эффективность автомобильного транспорта и технической эксплуатации автомобилей оценивается разными показателями. Это не позволяет оценить вклад ТЭА в экономическую эффективность транспортного процесса. Необходимо определить такие показатели.

Система технического обслуживания и ремонта автомобилей в РФ представляет собой комплекс взаимосвязанных положений и норм, определяющих порядок проведения работ ТО и Р с целью обеспечения заданных показателей качества ТС в процессе эксплуатации [1].

Применяемая система ТО и Р базируется на двух видах стратегии устранения отказов и неисправностей автомобилей [1, 3].

Первая стратегия (профилактическая) применяется для предупреждения отказов и неисправностей. Эта стратегия реализуется проведением предупредительных ТО или ТР с периодичностью  $L_{ТО,ТР}$ , которая  $l_{\min} \leq L_{ТО,ТР} \leq \bar{l}$  (где  $l_{\min}$  – наименьшая, для всех агрегатов, наработка на отказ;  $\bar{l}$  – средняя наработка на отказ). При этом отказы с наработкой  $l \leq L_{ТО,ТР}$  устраняются по второй стратегии. Недостатком первой стратегии является то, что средняя периодичность технического воздействия  $\bar{L}_{ТО,ТР} \leq \bar{l}$ .

Вторая стратегия (восстановительная) применяется для устранения непрофилактируемых отказов и неисправностей, которые или невозможно предвидеть, или экономически нецелесообразно предотвращать заранее. По данным [1], внезапные отказы составляют 27–39 % всех отказов автомобиля.

Для устранения профилактируемых отказов и неисправностей могут применяться обе стратегии. Выявление таких отказов производится по критериям: безопасность движения; минимизация удельных затрат на ТО и ТР ( $C_{ТО,ТР}$ ); повышение эксплуатационной надежности (КТГ, наработка, ресурс) и т.д. В конечном итоге система ТО и Р должна обеспечивать заданный (расчетный) уровень эксплуатационной надежности автопарка при минимуме  $C_{ТО,ТР}$  [1, 3].

Для реализации данных стратегий авторы работ [1, 3, 5] предлагают различные тактики поддержания работоспособного состояния парка автомобилей. Рассмотрим 3 основные тактики проведения ТО и ТР, предложенные автором [3].

Тактика проведения ТО и ТР по наработке состоит в том, что через определенные пробеги выполняются ТО, ремонт или замена

агрегата независимо от его технического состояния. При этом отказы, возникшие до планового технического воздействия, устраняются по потребности по второй стратегии. Из-за значительного недоиспользованного ресурса и высокой стоимости эта тактика может применяться лишь для отдельных узлов и деталей, от которых зависит безопасность движения ТС. Кроме того, эта тактика не обеспечивает ни заданного уровня надежности, ни минимума  $C_{ТО,ТР}$ .

Тактика проведения ТО и ТР по фактическому состоянию заключается в том, что техническое воздействие производится только в том случае, если контролируемый параметр достиг своего предельного допустимого значения. Если риск отказа невелик, то предупредительный ремонт в данном случае не проводится. Данная тактика несколько дешевле предыдущей, но для ее реализации требуется специальное контрольно-диагностическое оборудование.

Смешанная тактика проведения ТО и ТР, применяемая в настоящее время на автомобильном транспорте, в зависимости от метода определения режима технического воздействия подразделяется на «среднестатистическую» и «диагностическую».

При определении режимов ТО и ТР в АТП применяют, как правило, среднестатистический подход к автомобилю, когда нормативы, рассчитанные на среднестатистический автомобиль, переносятся на отдельные автомобили.

В Положении [5] предусмотрено корректирование нормативов ТО и ТР в зависимости от внешних факторов при помощи следующих коэффициентов:  $K_1$  – коэффициент, учитывающий категорию условий эксплуатации;  $K_2$  – коэффициент, учитывающий модификацию подвижного состава;  $K_3$  – коэффициент, учитывающий природно-климатические условия региона;  $K_4$  – коэффициент, учитывающий пробег автомобилей с начала эксплуатации;  $K_5$  – коэффициент, учитывающий размеры АТП.

Недостатком корректировочных коэффициентов является то, что сами они являются средними величинами и не отражают действительного влияния внешних факторов на каждый отдельный автомобиль.

Более перспективным методом определения режимов ТО и ТР является диагностирование агрегатов и узлов автомобиля. При этом диагностирование (Д) рассматривается как элемент технологического процесса ТО и ТР автомобилей, в который входят, кроме того, обязательные работы (ОР) и устранение неисправностей (УН).

Широкое применение диагностирования элементов автомобиля в нашей стране сдерживается несовершенством методов диагностирования и недостаточным количеством современных быстродействующих, надежных и относительно недорогих средств диагностики во многих АТП. Поэтому в практической эксплуатации всегда выполняются лишь ОР: смазочные, заправочные и крепежные, обеспечивающие безопасность движения ТС. Регулировочные работы и ремонт проводятся по потребности – по заключению механика или водителя, что существенно снижает эффективность ТЭА [3].

В работе [1] намечены основные направления развития системы и организации ТО и Р автомобилей в Российской Федерации: сохранится планово-предупредительный характер технического обслуживания; увеличится периодичность, и сократится трудоемкость ТО; сохранится трех-, четырехступенчатая система обслуживания: ЕО, ТО-1, ТО-2, СО (возможно, что вместо ТО-1 и ТО-2 будет проводиться единое ЕТО); более тщательно будут учитываться условия эксплуатации при ресурсном и оперативном корректировании режимов ТО и ТР для каждого автомобиля в отдельности; упростится процесс работы с диагностическими средствами, которые станут более надежными, универсальными и миниатюрными; будут применяться встроенные средства контроля за состоянием элементов автомобиля и тестовое диагностирование; стоимость диагностики будет снижаться; в АТП будет более широко внедряться вычислительная техника, в том числе для планирования и контроля за организацией ТО и ТР.

Таким образом, наметилась явная тенденция к переходу планирования режимов ТО и ТР от среднестатистического к каждому конкретному автомобилю. Ясно, что полная

картина технического состояния отдельных агрегатов или узлов автомобиля может быть определена только при их индивидуальном обследовании (диагностировании).

### Выводы

1. В настоящее время в РФ преимущественно используется смешанная тактика проведения ТО и Р автомобилей, которая имеет существенные недостатки, снижающие эффективность ТЭА.

2. Оценка эффективности ТЭА при помощи существующих показателей не позволяет оценить ее вклад в экономическую эффективность автомобильного транспорта.

3. Планирование режимов ТО производится для среднестатистического, а не каждого отдельного автомобиля.

4. Переход к более перспективной тактике технического обслуживания и ремонта автомобилей по фактическому техническому состоянию агрегатов и узлов сдерживается несовершенством методов диагностирования и недостаточным количеством современных средств диагностики в АТП.

### Библиографический список

1. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и дополн. / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др. – М.: Наука, 2001. – 535 с.
2. Авдонькин, Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей / Ф.Н. Авдонькин. – М.: Транспорт, 1985. – 215 с.
3. Говорущенко, Н.Я. Основы теории эксплуатации автомобилей / Н.Я. Говорущенко. – Киев: Высшая школа, 1971. – 232 с.
4. Несвитский, Я.И. Техническая эксплуатация автомобилей / Я.И. Несвитский. – Киев: Высшая школа, 1971. – 428 с.
5. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта / М-во автомоб. трансп. РСФСР. – М.: Транспорт, 1988. – 78 с.
6. Долговечность деталей шасси автомобиля / В.С. Лукинский, Ю.Г. Котиков, Е.И. Зайцев; под ред. В.С. Лукинского. – Л.: Машиностроение, 1984. – 231 с.
7. Проников, А.С. Надежность машин / А.С. Проников. – М.: Машиностроение, 1978. – 592 с.
8. ГОСТ 27.002-83. Надежность в технике. Термины и определения. – Введ. 01.07.84. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 31 с.



## ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКТОВ ДСМ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

В.Я. ЛАРИОНОВ, *проф. каф. транспорта леса МГУЛ,*

Д.М. ЛЕВУШКИН, *асп. каф. транспорта леса МГУЛ*

Для обеспечения ритмичной работы лесозаготовительных предприятий необходима развитая сеть лесовозных дорог достаточной протяженности и круглогодичного действия. По оценке специалистов, для освоения лесных территорий России ежегодно необходимо строить по 3 тыс. км магистральных дорог с твердым покрытием, веток – около 6 тыс. км. Дорожное строительство требует больших капитальных вложений. В настоящее время строительство 1 км магистрали обходится в размере 1–1,8 млн р./км. Поэтому вопросы проектирования технологии строительства лесных дорог и комплектования парка дорожно-строительных машин имеет большое значение.

При выполнении работ по строительству лесовозных дорог, кроме использования общепромышленных дорожно-строительных машин (ДСМ) и механизмов, используются специальные машины, предназначенные для строительства и эксплуатации лесовозных дорог. Анализ работы этих машин в леспрохозах и других организациях, занимающихся строительством лесовозных дорог, показывает, что непроизводительные потери рабочего времени при использовании этих машин составляют от 10 до 50 %. Основными причинами простоев дорожно-строительных машин являются:

- нарушение технологии строительства;
- недостатки в эксплуатации машин;
- низкий уровень планирования и управления строительством лесовозных дорог (формирование неэффективных комплектов машин; принятие на местах строительства необоснованных решений и др.);
- специфические особенности строительства дорог.

Результаты анализа строительства лесовозных дорог позволяют заключить, что в

комплектовании парка ДСМ при использовании эффективной технологии производства работ и максимальном использовании местных дорожно-строительных материалов имеются большие резервы.

Представим процесс строительства лесовозной дороги и формирования отряда ДСМ в следующем виде:

множество видов работ

$$A_{ij} = \{A_1, \dots, A_n\};$$

множество подвидов работ

$$B_{ij} = \{B_1, \dots, B_n\};$$

множество способов производства работ

$$C_{ij} = \{C_1, \dots, C_n\};$$

множество типов ДСМ

$$M_{ij} = \{M_1, \dots, M_n\};$$

множество типоразмеров

$$\text{ДСМ } N_{ij} = \{N_1, \dots, N_n\};$$

множество схем работы типоразмеров машин

$$D_{ij} = \{D_1, \dots, D_n\},$$

где  $i$  – количество операций;

$j$  – количество типоразмеров машин.

Задача заключается в выборе такой системы машин, чтобы объем дорожно-строительных работ  $Q_p$  должен быть выполнен в заданный период времени  $T_p$ . При этом функция цели  $W_p$  должна быть оптимизирована.

Количество машин каждого типоразмера  $N_{ij}$  не должно превышать их общего количества в парке  $N_{ij}^*$

$$N_{ij} \leq N_{ij}^*.$$

Система машин есть функция

$$U_p = f(A_{ij}, B_{ij}, C_{ij}, M_{ij}, N_{ij}, D_{ij}, Q_p, T_p, P_p),$$

где  $P_p$  – производительность системы машин;

$p$  – количество систем машин.

Выбор системы машин производится по технологической совместимости

$$U_p \supset M_{ij} \supset N_{ij} \supset C_{ij} \supset D_{ij}.$$

Функция цели есть зависимость

$$W_p = f(U_p, P_p).$$

В качестве функции цели обычно используют такие показатели, как суммарные приведенные затраты, себестоимость 1 м<sup>3</sup> перемещенного грунта, производительность системы машин и др.

Для формального представления параметрических связей комплекта ДСМ в математических моделях используется система параметров состояния, управления и эффективности. На параметры состояния и управления в конкретных производственных условиях накладываются ограничения, которые характеризуют технологические и организационные особенности работы комплектов ДСМ.

При решении задачи выбора оптимального комплекта машин определяются показатели эффективности выполнения дорожно-строительных работ и оптимальные значения параметров управления работы комплекта ДСМ по одному или нескольким критериям оптимальности (которые выбираются лицом, принимающим решение). При назначении нескольких критериев формирование из них обобщенного критерия производится с использованием экспертных весовых коэффициентов или применения итерационного метода уступок.

Известно, что производительности различных дорожно-строительных машин на выполнении технологических операций значительно отличаются друг от друга. Например, производительность автогрейдеров на разравнивании земляного полотна выше производительности бульдозера, производительность бульдозера на возведении земляного полотна выше производительности скрепера, самосвала, автогрейдера и т.д. Поэтому при формировании комплектов машин на строительстве лесовозных дорог трудно подобрать их количественный состав, при котором их производительности по типам машин на выполнении отдельных технологических операций были бы равны. В идеальном случае полное использование машин комплекта достигается, когда первый

тип ДСМ, выполняющий первую технологическую операцию, имеет наивысшую производительность; второй тип, выполняющий вторую технологическую операцию, имеет производительность несколько ниже первого (на 3–15 %) и т.д. Но достигнуть этого в постоянно меняющихся условиях довольно сложно, поэтому приходится решать задачу формирования комплекта с некоторым недоиспользованием техники. Важно при этом, чтобы простой машин в этом случае были минимальными и чтобы комплект работал с наивысшей эффективностью.

Комплект ДСМ будет работать эффективно, если он будет сформирован с соблюдением следующих условий:

1) технологического соответствия – машины комплекта в потоке должны выполнять в строгой последовательности весь технологический цикл строительства дорог;

2) организационного соответствия – машины должны выполнять работы строго по графику в соответствии с определенной скоростью потока с учетом взаимозаменяемости машин на выполнении отдельных операций и одновременности выполнения отдельных наиболее трудоемких операций различными типами машин;

3) конструктивно-эксплуатационного соответствия – машины в комплекте должны иметь требуемую для каждой операции производительность, расхождение производительностей по типам ДСМ на выполнение технологических операций не должно превышать определенного предела;

4) технико-экономического соответствия – в конкретных производственных условиях комплект машин должен выполнять работы с наибольшей технико-экономической эффективностью.

Схема параметров и показателей работы ДСМ при формировании комплектов на строительстве лесовозных дорог показана на рис. 1. Несоблюдение хотя бы одного из перечисленных условий ведет к снижению эффективности строительства дороги.



Рисунок. Схема параметров и показателей работы комплекта ДСМ

Технологическое соответствие обеспечивается выбором из многообразия технологических схем строительства дороги, наиболее рациональных для данных природно-климатических условий и конкретного состава ДСМ, рациональной взаимосвязью выполнения технологических операций отдельными типами ДСМ, правильным распределением объемов дорожно-строительных работ между машинами.

Из этого можно сделать вывод, что правильное решение вопроса формирования комплектов ДСМ для строительства лесовозных дорог с учетом различных взаимосвязей и множества изменяемых параметров представляет собой сложную задачу, решение которой может быть достигнуто на основе использования математических методов и ЭВМ.

## УТОЧНЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ПАРАМЕТРАМ ШЕРОХОВАТОСТИ, СЦЕПНЫМ КАЧЕСТВАМ И РОВНОСТИ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

О.Н. БУРМИСТРОВА, доц., Ухтинский ГТУ, канд. техн. наук

**В** ходе экспериментальных исследований, проведенных разными авторами, установлена связь между макрошероховатостью покрытия и величиной коэффициента сцепления [1–5]. В качестве измеряемо-

го параметра наиболее часто используется средняя высота выступов шероховатости  $H_{cp}$ , нормирование величины которой имеет смысл лишь в привязке к коэффициенту сцепления

$$\varphi = f(H_{cp.}). \quad (1)$$

С целью уточнения зависимости (1) для условий Республики Коми были проведены экспериментальные исследования на автомобильных дорогах II-й дорожно-климатической зоны с различными типами покрытий. Получена формула, раскрывающая зависимость (1)

$$\varphi = \frac{l(H_{cp.} + l)}{K} + \varphi_{кон.} \quad (2)$$

где  $\varphi_{кон.}$  – коэффициент сцепления в конце срока службы данного покрытия при  $H_{cp.} \leq 0,2$  мм;

$K$  – коэффициент, зависящий от типа покрытия и шероховатости каменного материала.

Выражение (2) справедливо для диапазона  $0,2 < H_{cp.} < 4,5$  мм, что соответствует асфальтобетонным и чернощебеночным покрытиям, поверхностным обработкам и поверхностям, обработанным методом втапливания горячего черного щебня. Исходя из зависимости (2), были определены нормативные значения средней высоты выступов шероховатости  $H_{cp.}$  дорожного покрытия (табл. 1). Измерение средней высоты выступов шероховатости  $H_{cp.}$  производится по методу «песчаного пятна» [3].

В основу нормирования сцепных качеств дорожных покрытий (коэффициента сцепления автомобильного колеса с покрытием) положено условие минимума среднегодовых суммарных дорожно-транспортных затрат

$$Z_{cl} = \left( \frac{B}{t} + \frac{\sum_0^t Z}{t} + \frac{\sum_0^t T}{t} \right) \rightarrow \min, \quad (3)$$

где  $B$  – стоимость среднего ремонта 1 км дороги, р.;

$Z$  – стоимость текущего ремонта и содержания 1 км дороги в год, р.;

$t$  – период между средними ремонтами, лет;

$T$  – транспортные затраты, р./км, год.

Транспортные затраты определяются по формуле (4)

$$T = 306 \cdot N_{np.} \cdot a, \quad (4)$$

где 306 – число рабочих дней в году;

$N_{np.}$  – приведенная к расчетному автомобилю интенсивность движения на дороге, авт./сут.;

$a$  – себестоимость перевозок расчетным автомобилем, р./маш.км.

За расчетный принят автомобиль МАЗ-509. В ряде исследований установлено, что на мокром покрытии имеется связь между величиной коэффициента сцепления  $\varphi$  и снижением скорости движущегося по дороге транспорта [4]. Дополнительные экспериментальные исследования, проведенные на лесовозных автомобильных дорогах Республики Коми, подтвердили существование зависимости

$$V = f(\varphi), \quad (5)$$

где  $V$  – скорость движения автотранспорта по влажному покрытию.

Т а б л и ц а 1

**Рекомендуемые минимальные значения средней высоты выступов шероховатости**

Тип покрытия	Категория дороги	Средняя высота выступов шероховатости $H_{cp.}$ , км
		Дорожно-климатическая зона
		II
Асфальтобетонные	II <sub>3</sub>	2,0
	III <sub>3</sub>	1,8
Покрытия из щебеночных, гравийных и других материалов, обработанных органическими вяжущими материалами	III <sub>3</sub>	1,3
	IV <sub>3</sub> , V <sub>3</sub>	1,4
Щебеночные и гравийные	IV <sub>3</sub> , V <sub>3</sub>	1,0

Установлено, что снижение скорости движения  $\Delta V$  на мокром покрытии при значениях  $0,3 < \varphi < 0,7$  происходит по закону

$$\Delta V = 0,215 - 1,43 \cdot 10^{-3} \cdot V \quad (6)$$

Показатель ровности при этом должен быть не менее 50 см/км. Себестоимость перевозок от скорости движения определяется зависимостью:

$$a = 0,215 - 1,43 \cdot 10^{-3} \cdot V, \quad (7)$$

где  $V$  – средняя скорость движения автомобиля, км/ч.

Исследования в области скоростей движения на дорогах общего пользования и на лесовозных автомобильных дорогах Республики Коми позволили установить средние скорости потока для дорог различных категорий. Так, например, для дорог II<sub>3</sub>–III<sub>3</sub> категорий транспортные затраты (4) с учетом выражений (6) и (7) будут равны

$$T = N_{np} (52 - 16,5\varphi), \quad (8)$$

где  $T$  – транспортные затраты, р./км.

С учетом количества дождливых дней в году, когда покрытие влажное, формула (8) принимает вид

$$T = K N_{np} (52 - 16,5\varphi), \quad (9)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий количество дождливых дней в году.

Значительный объем экспериментальных исследований позволил установить зависимость изменения величины коэффициента сцепления в процессе эксплуатации дороги

$$\varphi_t = m(0,55e^{-Au} + B \cdot n), \quad (10)$$

где  $n = 1,62 \cdot 10^{-5} \cdot N_{\Sigma} [(I + q)^t - I]$ ;

$N_{\Sigma}$  – суммарная интенсивность движения на дороге, авт./сут.;

$m$  – коэффициент, зависящий от дорожно-климатической зоны (ДКЗ);

$t$  – координата времени;

$A, B$  – коэффициенты, зависящие от типа

покрытия, материала покрытия, количества полос движения.

Используя зависимости (9) и (10) и реализовав условие (3), были получены экономически оптимальные значения коэффициента сцепления. Учет системы финансирования, существующей в Дорожном агентстве Республики Коми, позволил разделить оптимальные значения коэффициента сцепления в зависимости от значимости дороги (табл. 2).

Для соблюдения существующих межремонтных сроков использование зависимости (10) позволило определить рекомендуемые начальные величины коэффициента сцепления при сдаче дороги в эксплуатацию после строительства или ремонта покрытия (табл. 3).

Ровность дорожного покрытия оказывает значительное влияние на экономику автотранспортных перевозок, комфортность езды, безопасность движения (управляемость автомобиля). Поэтому нормирование показателя ровности основывается на комплексном методе, включающем решение экономических и эргономических вопросов.

Экономико-математический метод предусматривает выполнение условия минимизации затрат (3). Транспортные затраты, входящие в выражение (3), в данном случае будут определяться ровностью дорожного покрытия, которая значительно влияет на скорость движения и, соответственно, на себестоимость перевозок

$$a = 0,106 + 9 \cdot 10^{-5} S, \quad (11)$$

где  $S$  – показатель ровности дорожного покрытия, см/км.

Выражение (4) с учетом (11) будет иметь вид

$$T = N_{np} (32,4 + 2,8 \cdot 10^{-2} S). \quad (12)$$

Выполнение условия (3) позволило определить экономически оптимальные значения показателя ровности дорожных покрытий.

**Экономически оптимальные величины коэффициента сцепления**

Значение дороги	Республиканские	Местные
Коэффициент сцепления	0,37-0,45	0,35-0,40

**Рекомендуемые начальные величины коэффициента сцепления**

Тип покрытия	Категория дороги	Величина коэффициента сцепления
		Дорожно-климатическая зона
		II
Асфальтобетонные	II <sub>3</sub>	0,47
	III <sub>3</sub>	0,46
Покрытия из щебеночных, гравийных и других материалов, обработанных органическими вяжущими материалами	III <sub>3</sub>	0,44
	IV <sub>3</sub> , V <sub>3</sub>	0,44
Щебеночные и гравийные	IV <sub>3</sub> , V <sub>3</sub>	0,41

Параллельно экономической оптимизации показателя ровности решался вопрос влияния ровности дорожного покрытия на водителя и пассажиров транспортного средства. На опытных участках дорог Республики Коми были проведены измерения ускорений, воздействующих на водителя и пассажиров ходовой лабораторией при одновременном контроле ровности покрытия. Полученные значения дополнили результаты исследований.

Комплексное решение вопроса нормирования показателя ровности позволило определить не только экономически оптимальные значения, но и узнать предельные величины, т.е. рекомендуемый диапазон изменения нормируемого показателя.

**Библиографический список**

1. Подлих, Э.Р. Исследование коэффициентов сцепления автомобильной шины с дорожным покрытием / Э.Р. Подлих. – М., Автотрансиздат. 1963. – 44с.
2. Немчинов, М.В. Сцепные качества дорожных покрытий и безопасность движения автомобиля / М.В. Немчинов. – М.: Транспорт, 1985. – 231 с.
3. Астров, В.А. Коэффициенты сцепления и параметры шероховатости дорожных покрытий / В.А. Астров // Автомобильные дороги. – 1973. – № 7. – С. 17–19.
4. Предложения по совершенствованию методов и приборов для оценки шероховатости дорожных покрытий. СОЮЗДОРНИИ, Балашиха, 1969.
5. Технические указания по устройству дорожных покрытий с шероховатой поверхностью (ВСН 38-80). – М.: Транспорт, 1990. – 66 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОФОБИЗИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ХЛОРАНГИДРИДОВ СМОЛЯНЫХ КИСЛОТ

С.М. ТАРАСОВ, доц. каф. ХТД и П МГУЛ, канд. техн. наук

Гидрофобизация целлюлозных материалов, в частности бумажно-картонных, является важным элементом технологического процесса их производства. В настоящее время разработано большое количество гидрофобизирующих материалов и методов их технологического использования [1]. Новейшие синтетические материалы, такие, как димеры алкилкетенов (ДАК) и алкенилсукциновые ангидриды (АСА), чрезвычайно эффективны, но их использование ограничивается некоторыми факторами: высокая стоимость; трудность получения и несовершенство гидрофобизирующих составов на их основе, имеющих ограниченный предел концентрации и малый срок хранения; обязательное использование дорогостоящих вспомогательных веществ, обеспечивающих эффективность этих составов. Поэтому в мировой практике в целом предпочтение отдается материалам на основе канифоли, что обусловлено широкой доступностью данного вида сырья, получаемого главным из древесных растений различными способами, т.е. практически неограниченной сырьевой базой [2].

Существуют обязательные условия эффективного использования материалов на основе канифоли при гидрофобизации бумаги и картона. Наиболее эффективно процесс этот проходит при pH = 4,0 – 5,5, т.е. в слабокислой среде, при этом обязательным является использование коагулянтов, в качестве которых обычно выступают соединения алюминия, чаще всего сульфат в виде кристаллогидрата  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ , а также полиоксихлорид алюминия (ПОХА), элементарное звено которого можно представить как  $Al(OH)_2Cl$ , и алюминат натрия  $NaAlO_2$ , в настоящее время использующийся редко [1, 3].

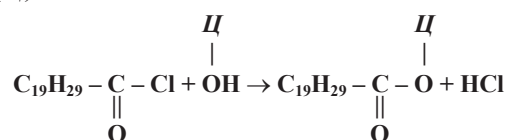
В целом для канифольных материалов характерен высокий расход (по сравнению с синтетическими материалами, например,

ДАК), так же, как и высокий расход коагулянта при их использовании, особенно при содержании наполнителя в бумаге выше 10 %. Это отрицательно сказывается на прочностных показателях получаемой бумаги, повышает себестоимость продукции и нередко вызывает технологические трудности, связанные, в частности, со «смоляными» затруднениями [1].

Весьма распространенный путь увеличения гидрофобизирующей эффективности канифоли – ее химическая модификация. Одно из ее направлений, разработанных в ЦНИИЛХИ (Н. Новгород) под руководством доктора химических наук Радбиля Б.А. (2001), – это получение материалов на основе канифоли, обладающих реакционной способностью по отношению к целлюлозе [4]. Представителями группы таких материалов являются *хлорангидриды смоляных кислот* (ХСК).

Общая формула для всех природных смоляных кислот, являющихся изомерами, может быть представлена как  $C_{19}H_{29}COOH$ . Активной группой в ней является карбоксильная  $-COOH$ , обеспечивающая, как полагают, протекание взаимодействия с комплексными соединениями алюминия в водной среде с образованием *резинатов алюминия*, а затем их координационной взаимодействием с гидроксильными группами целлюлозного волокна с образованием гидрофобного осадка.

ХСК имеют общую формулу  $C_{19}H_{29}COCl$ . Теоретически активная группа хлорангидрида  $-COCl$  может взаимодействовать со спиртовыми гидроксильными группами целлюлозы (Ц):



Наиболее вероятная стадия производства бумаги, на которой возможно протекание данной реакции, – это сушка бумаж-

ного полотна на сушильных цилиндрах, при этом желательна использование максимальной возможной температуры сушки (не менее 120 °С). В результате образуется сложный эфир целлюлозы и смоляной кислоты, имеющих гидрофобные группы  $C_{19}H_{29}C-$ .

Следует отметить, что механизм и условия протекания данной реакции еще недостаточно изучены. Они многократно усложняются при попытке проведения данной реакции в условиях бумагоделательного производства, отличающегося многостадийностью, причем многие его стадии проходят в совершенно разных условиях. Стадии, определяющие поведение ХСК при гидрофобизации бумажно-картонных материалов, следующие:

1. Диспергирование ХСК в водной среде, т.к. в воде они не растворятся. Эта стадия требует применения специальных стабилизаторов дисперсий ХСК и необходимых условий диспергирования. Здесь также возможно протекание побочных реакций ХСК с водой (гидролиза), которые, однако, идут не столь быстро, как в случае хлорангидридов алифатических карбоновых кислот.

2. Введение дисперсии ХСК в водно-волоконистую суспензию (бумажную массу), при этом необходимо их тщательное перемешивание. На этой стадии также высока вероятность побочных реакций ХСК с водой, скорость которых теоретически должна повышаться при  $pH \geq 7$ , т.е. в нейтральной и слабощелочной среде. Несмотря на это, в задачу наших экспериментов входило получить удовлетворительные результаты гидрофобизации бумажно-картонного материала с помощью ХСК именно в нейтральной или слабощелочной средах, т.к. это диктуется современной тенденцией к переходу на подобные условия формования. Это позволяет получить ряд важных преимуществ, таких, как повышение прочности бумажно-картонного материала, снижение коррозии оборудования, возможности использовать мел в качестве наполнителя (если последний применяется).

3. Формование бумажного полотна на сетке бумагоделательной машины (БДМ). На

этой стадии необходимо достичь максимальной степени осаждения и удержания дисперсных частиц ХСК на целлюлозном волокне. Для этого необходимо использование катионных дисперсий ХСК либо комплекса специальных удерживающих реагентов, например, полиакриламид (ПАА), полиэтиленимин (ПЭИ) и др.

4. Прессование бумажного полотна. На этой стадии может происходить прямой контакт дисперсных частиц ХСК с целлюлозными волокнами.

5. Сушка бумажного полотна. На этой стадии должна происходить химическая реакция активных групп ХСК с целлюлозными гидроксилами, которая и определяет эффективность гидрофобизации.

Моделирование технологического процесса производства бумаги производилось на лабораторном листоотливном аппарате. Для последующего ввода в волокнистую массу было приготовлено несколько видов водных дисперсий ХСК.

Дисперсия № 1. Готовится в соотношении 25 % эмульгатора № 19 (модификация ОП-7 или ОП-10) от массы ХСК. Сначала готовится гомогенная смесь ХСК с эмульгатором, после чего к ней приливается необходимое количество воды и ведется перемешивание при комнатной температуре или небольшом подогреве (не более 45 °С). Получается тонкая белая дисперсия концентрацией 5 % по ХСК. Время «жизни» дисперсии – около 1 ч, после чего она выпадает в осадок.

Дисперсия № 2. В качестве стабилизатора используется катионный крахмал. В заранее сваренный клейстер катионного крахмала приливается заданное количество ХСК и ведется перемешивание под мешалкой в течение 10 мин при температуре около 40 °С. Затем полученную грубую эмульсию подвергают диспергированию в роторно-пульсационном аппарате (РПА) в течение 10 мин при той же температуре. Образуется белая гомогенная дисперсия концентрацией 10 % по ХСК. Количество катионного крахмала



– 20 % от массы ХСК. Время «жизни» дисперсии – около 2 суток, после чего она превращается в гель.

Дисперсия № 3. Дисперсия ХСК в воде готовится в соотношении эмульгатора № 19 и ХСК 1 : 1. Сначала готовится гомогенная смесь ХСК с эмульгатором, после чего к ней приливается необходимое количество воды и ведется перемешивание при комнатной температуре или небольшом подогреве (не более 45°C). Получается тонкая белая дисперсия концентрацией 5 % по ХСК, время «жизни» – более 1 недели.

Раствор ХСК в ксилоле. Готовился 10 %-й раствор. Растворимость ХСК в ксилоле хорошая. Готовый раствор вводился в бумажную массу.

На листоотливном аппарате изготавливались образцы картона-лайнера массой 150 г/м<sup>2</sup> из 100 %-го вторичного волокнистого сырья (смесь марок МС–6 и МС–7).

Выбор данного материала для исследований был обусловлен значительным увеличением его выпуска в России за последние 5 лет с тенденцией дальнейшего еще большего возрастания. Кроме актуальности данных исследований в сложившейся экономической ситуации, картон-лайнер является наиболее удобным материалом для оценки гидрофобизирующей эффективности ХСК, т.к. его требования к условиям формования, качеству волокна и т.п. невысокие и в нем отсутствует наполнитель.

Дисперсия № 1

*Вариант 1.* ХСК – 2 кг/т;

pH = 7,8

*Вариант 2.* КК – 8 кг/т; ХСК – 2 кг/т;

pH = 7,8

*Вариант 3.* КК – 8 кг/т; ХСК – 2 кг/т; СА – 30 кг/т;

pH = 7,0

Дисперсия № 2

*Вариант 1.* КК – 8 кг/т; ХСК – 2 кг/т;

pH = 7,8

*Вариант 2.* КК – 8 кг/т; ХСК – 2 кг/т; СА – 30 кг/т;

pH = 7,0

*Вариант 3.* КК – 8 кг/т; ХСК – 2 кг/т; АА–18 – 50 кг/т;

pH = 7,0

Дисперсия № 3

*Вариант 1.* КК – 8 кг/т; ХСК – 3 кг/т;

pH = 7,8

*Вариант 2.* КК – 8 кг/т; ХСК – 3 кг/т; СА – 30 кг/т;

pH = 7,0

*Вариант 3.* КК – 8 кг/т; ХСК – 3 кг/т; АА–18 – 50 кг/т;

pH = 7,0

10 %-й раствор ХА в ксилоле

*Вариант 1.* КК – 8 кг/т; ХСК – 3 кг/т; АА–18 – 50 кг/т;

pH = 7,0

Порядок изготовления образцов картона на листоотливном аппарате был следующим:

1) составление композиции волокнистой массы;

2) отлив путем фильтрации через сетку;

3) обезвоживание под вакуумом при комнатной температуре в открытой емкости;

4) сушка под вакуумом при повышенной температуре (100 °С) в закрытой емкости (около 4 мин);

5) сушка в сушильном шкафу при температуре 110 °С в течение 10 мин для достижения максимально возможной гидрофобности.

Для каждого из приготовленных составов на основе ХСК было выполнено несколько вариантов формования, отличающихся количеством видов вводимых в волокнистую массу химических вспомогательных средств (ХВС) и значениями pH формования.

*Принятые условные обозначения:* КК – катионный крахмал; СА – сульфат алюминия; АА–18 – «Аква-Аурат–18» – торговое название 40 %-го (по сухому веществу) водного раствора ПОХА. Расходы всех веществ указаны в пересчете на абсолютно сухое вещество.

Порядок введения ХВС в волокнистую массу (стадия 1) и значения pH (стадия 2) были следующими:

Т а б л и ц а 1

**Гидрофобизирующая эффективность дисперсии № 1**

№ варианта	№ образца картона						Среднее значение
	I	II	III	IV	V	VI	
1	260	250					255
2	79						79
3	74	56	44	46			55

Т а б л и ц а 2

**Гидрофобизирующая эффективность дисперсии № 2**

№ варианта	№ образца картона								Среднее значение
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
1	226	224	248	191	162	96	275	271	212
2	186	186	138	140	145	92	52	101	130
3	217	224	177	225	197	203	176	216	204

Т а б л и ц а 3

**Гидрофобизирующая эффективность дисперсии № 3**

№ варианта	№ образца картона								Среднее значение
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
1	388								388
2	325								325
3	227	246							237

Т а б л и ц а 4

**Гидрофобизирующая эффективность 10 % раствора ХСК в ксилоле**

№ варианта	№ образца картона								Среднее значение
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
1	43	77							60

Уровень гидрофобности образцов картона определялся по методу Кобб<sub>60</sub>, заключающемуся в определении поверхностной впитываемости образца при его одностороннем смачивании дистиллированной водой в течение определенного времени (в данном случае – 60 с). Результаты испытаний представлены в табл. 1–4.

Из приведенных данных видно, что дисперсия № 1 (табл. 1) при pH = 7,8 не проявляет гидрофобизирующей эффективности без введения в волокнистую массу других ХВС, однако при введении вместе с ней КК полученные образцы картона проявляли гидрофобные свойства. При введении дополнительно СА и снижении pH до 7,0 гидрофобизирующая эффективность ХСК возрастала и находилась на уровне эффективности промышленных высококачественных гидрофо-

бизирующих составов на основе дисперсной модифицированной канифоли, а в некотором отношении даже превосходила ее, т.к. подобные составы в обычных условиях плохо работают при pH ≥ 7,0.

Дисперсия № 2 (табл. 2) ни в одном из вариантов не придавала картону удовлетворительной гидрофобности. Обусловлено это, возможно, частичным гидролизом ХСК в процессе диспергирования и побочными реакциями с катионным крахмалом, в результате которых мог образовываться сложный эфир, неспособный, по-видимому, придавать целлюлозным материалам гидрофобные свойства.

Дисперсия № 3 (табл. 3) не только не придавала картону гидрофобных свойств, но и в некоторых случаях (вариант 1) повышала его гидрофильность. Обусловлено это, по-видимому, большим содержанием эмульгатора, явля-

ющегося поверхностно-активным веществом (ПАВ) и при определенных условиях способного увеличивать гидрофильность различных поверхностей, в том числе и целлюлозной.

Раствор ХСК в ксилоле (табл. 4) при введении вместе с КК и СА придавал картону гидрофобные свойства, но менее эффективно, чем дисперсия № 1 при тех же условиях. Обусловлено это тем, что данный раствор не смешивается с водой, т.е. и с водно-волокнистой суспензией (волокнистой или бумажной массой), поэтому даже при интенсивном его диспергировании в волокнистой массе невозможно добиться необходимой степени дисперсности частиц раствора и равномерности их распределения в массе.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что ХСК принципиально обладают вполне удовлетворительной гидрофобизирующей эффективностью по отношению к целлюлозным материалам, сопоставимой с эффективностью высококачественных дисперсных составов на основе модифицированной канифоли. На ХСК следует обратить внимание как на перспективные гидрофобизирующие материалы, при этом следует уделить особое внимание созданию

гидрофобизирующих составов на их основе, рецептура которых позволила бы ХСК длительное время сохраняться в дисперсном виде в течение времени и в полной мере проявлять свои гидрофобизирующие свойства по отношению к целлюлозе.

#### Библиографический список

1. Крылатов, Ю.А. Проклейка бумаги / Ю.А. Крылатов, И.Н. Ковернинский. – М.: Лесная пром-сть, 1987. – 288 с.
2. Тарасов, С.М. Новый высокосмоляной клей на основе продуктов переработки таллового масла / С.М. Тарасов, И.Н. Ковернинский, В.И. Азаров: науч. тр. 3-ей Международной научно-технической конференции «Создание конкурентоспособного оборудования и технологий для изготовления бумажно-картонной продукции из вторичного волокнистого сырья», 15–17 мая 2002 г., Караваево – Правдинский, 2002. – С. 24 – 27.
3. Тарасов, С.М. Влияние добавки «Аква-Аурат» на прочностные свойства картона из макулатуры / С.М. Тарасов, И.Н. Ковернинский // Материалы международной конференции «Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения». – Архангельск, 2002. – С. 22 – 25.
4. Тарасов, С.М. Роль новых гидрофобизирующих материалов в производстве бумаги и картона / С.М. Тарасов, И.Н. Ковернинский: науч. тр. – Вып. 319. – М.: МГУЛ, 2003. – С. 83–88.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИЦИОННОЙ ФАНЕРЫ

С.А. УГРЮМОВ, доц. каф. МТД КГТУ,  
А.А. СМЕРНОВ, асп. каф. МТД КГТУ

**Ф**анерная промышленность, как и вся деревообрабатывающая промышленность в целом, в последние годы активно оснащается новым технологичным оборудованием, наращивает производственные мощности, увеличивает ассортимент выпускаемых материалов, добивается экономии сырья и материалов и снижения себестоимости выпускаемой продукции. Вместе с тем в фанерном производстве имеются еще огромные внутренние неиспользованные ресурсы, важнейшим источником которых является более рациональное и умелое использование сырья.

Фанерное производство, несмотря на внедрение прогрессивной техники и технологии, остается материалоемкой отраслью промышленности. Затраты на сырье составляют 60 % себестоимости продукции, а удельный вес древесных отходов превышает 50 % [1]. Использование этих отходов происходит далеко не самым оптимальным образом. При организации совместных фанерно-плитных производств основная часть древесных отходов направляется на изготовление древесностружечных плит. Однако большое количество отходов используется в

качестве топлива, а часто просто вывозится в отвалы.

Опыт передовых предприятий в России и за рубежом показывает, что существует множество способов рационального и комплексного использования древесного сырья в полном его объеме с получением десятков наименований продукции, пользующейся спросом в самых различных отраслях промышленности и сфер потребления.

При производстве фанеры неизбежно образуются древесные отходы – опилки при раскромке кряжей на чураки, шпон-рванина и обрезки кускового шпона при лущении, отходы при форматной обрезке плит. Возвратное использование их в фанерном производстве позволяет снизить расход сырья и себестоимость единицы продукции.

Одним из способов рационального использования сырья и снижения себестоимости продукции является вовлечение измельченных отходов фанерного производства для изготовления внутреннего слоя композиционной фанеры, при этом основу листа фанеры

составляет лущеный шпон, располагаемый по наружным пластям, а центральный слой состоит из композиции на основе древесных частиц с клеем [2].

Для условий ОАО «Фанплит», г. Кострома, спланирован технологический процесс производства композиционной фанеры на базе существующего пресса П-714Б, используемого для горячего прессования. Необходимое дополнительно приобретаемое оборудование подобрано в соответствии с рекомендациями литературы [3–5].

Отличие технологического процесса производства композиционной фанеры имеет место на стадиях подготовки дискретных частиц и формирования пакетов фанеры.

Доставленные дискретные древесные частицы (стружка) от существующих дробилок скребковым транспортером доставляются в бункер хранения сырого наполнителя ДБ-18-1 с целью создания межоперационного запаса. Отделение металлических включений осуществляется с помощью электромагнитного шкива типа ШЭ.

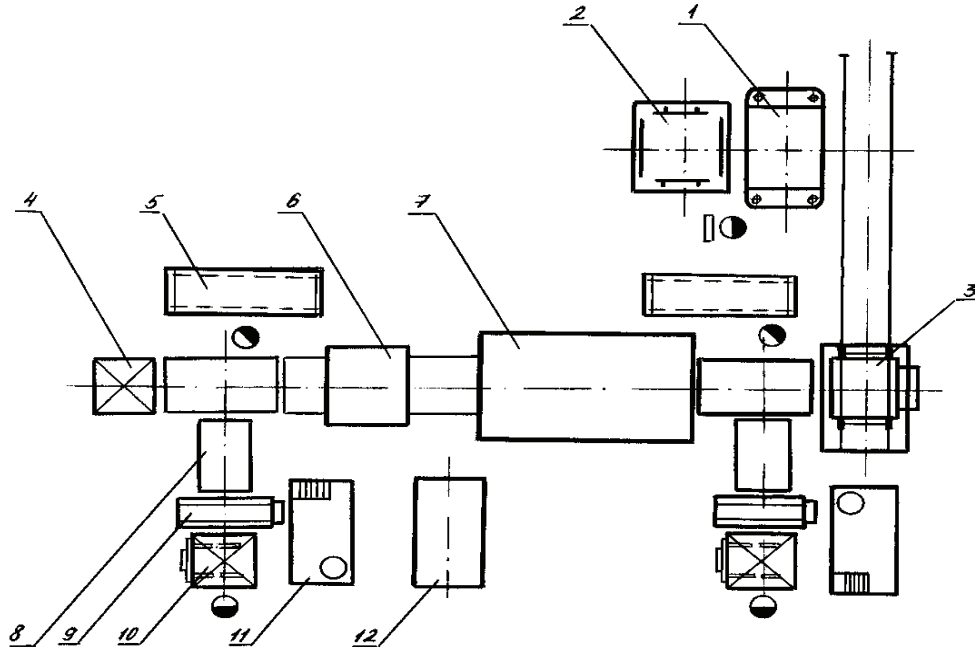


Рисунок. План расположения оборудования на участке сборки пакетов фанеры – склеивание: 1 – пресс горячего прессования П-714Б; 2 – лифт для приема спрессованной фанеры; 3 – загрузочная этажерка; 4 – подстопное место для листов шпона; 5 – транспортер для подстопных мест листов шпона; 6 – формирующая машина ДФ-2М; 7 – пресс для холодной подпрессовки De Mets; 8 – пульсирующий стол; 9 – клеенаносящий станок; 10 – подъемный стол для стоп шпона; 11 – площадка для приготовления и вспенивания клеевого состава; 12 – смеситель ДСМ-5

Затем стружка поступает на сортировку СЩ-1 с целью отделения крупных частиц, которые направляются на доизмельчение. Отсортированный наполнитель хранится в бункере ДБ-18-1.

Далее стружка поступает на стадию сушки в сушильный барабан «Прогресс». После высушивания до влажности 2–4 % стружка поступает на сортировку сухого наполнителя. Сортировка осуществляется с помощью механической сортировки ДРС-2, при этом пылевидная фракция отбирается и направляется на производство древесностружечных плит для формирования наружных слоев. Указанные технологические операции осуществляются на отдельном участке, примыкающем к основному цеху.

В клеевом цехе спланирован технологический процесс формирования пакетов композиционной фанеры и их горячего прессования. Планировка данного участка представлена на рисунке.

Смешивание наполнителя внутреннего слоя (древесной стружки) с карбамидоформальдегидной смолой КФ-Н-66Ф и отвердителем (хлористым аммонием) осуществляется с помощью высокооборотного смесителя ДСМ-5.

Сборка пакетов композиционной фанеры осуществляется в следующем порядке. Сборщик полистно подает шпон в клеевые вальцы, зачерпывая при этом небольшое количество клея на торцовую кромку для равномерного его нанесения на лист. При выходе намазанного листа из барабанов при помощи выбрасывающего ролика и поддерживающих направляющих он укладывается на стол с ребрами из уголка, служащими для наибольшего сохранения клея на нижней пласти листа. Рабочее место сборщика снабжено зеркалом, в котором он видит пульсирующий стол, на который укладываются листы шпона.

Сборка пакета осуществляется двумя бригадами. Шпон для сборки пакетов располагается на подступных местах, установленных согласно технологической планировке.

Сборка пакетов производится на наборном столе с выравниванием двух взаимно перпендикулярных кромок в угольник.

Во время сборки пакетов должны соблюдаться следующие правила:

- левая сторона наружных слоев шпона должна быть обращена внутрь пакета;
- во время сборки пакетов с поверхности листов шпона должен удаляться мусор;
- во время сборки пакетов вниз укладывается рубашка более высокого сорта.

По окончании сборки первой половины подложки, состоящей из двух слоев шпона, сборщик первой бригады нажатием кнопки включает толкатели на наборочном столе, и пакет загружается на конвейер, толкатели возвращаются в исходное положение. Далее производится сборка следующих пакетов.

При прохождении через формирующую машину ДФ-2М на подложку наносится слой осмоленного наполнителя. Расход осмоленного наполнителя выбирается в зависимости от необходимой толщины и плотности внутреннего слоя.

Далее пакет попадает на стадию подпрессовки, которая осуществляется с помощью прессы непрерывного действия DeMets с целью уплотнения внутреннего слоя.

Далее с формирующего конвейера пакет попадает на второй наборный стол, где осуществляется укладка верхних листов шпона с нанесенным клеем и без клея.

По окончании сборки пакета сборщик включает толкатели на наборочном столе, при этом пакет загружается в этажерку. Сборка следующего пакета производится в той же последовательности.

После полной загрузки этажерки происходит загрузка партии пакетов в горячий пресс, в котором производится горячее прессование по установленному режиму. После размыкания плит прессы производится выгрузка фанеры, ее кондиционирование и отправка на участок послепрессовой обработки, где производится форматная обрезка, шлифование, сортировка, упаковка, отправка на склад готовой продукции.

Технологический процесс производства композиционной фанеры рекомендуется организовывать на отдельных участках существующих фанерных предприятий, при этом снижаются расходы на строительство зданий и сооружений, монтаж и пуск технологического оборудования, а также организационные затраты.

#### Библиографический список

1. Волинский, В.Н. Технология клееных материалов: учебное пособие для вузов / В.Н. Волинский. – Архангельск: АГТУ, 2003. – 280 с.
2. Угрюмов, С.А. Исследование свойств композиционной фанеры с внутренним слоем из древесной стружки / С.А. Угрюмов // Вестник КГТУ. – Кострома: КГТУ, 2005. – № 11. – С. 110–111.
3. Справочник по производству фанеры / А.А. Веселов, Л.Г. Галюк, Ю.Г. Доронин и др.: под ред. Н.В. Качалина. – М.: Лесная пром-сть, 1984. – 432 с.
4. Отлев, И.А. Справочник по производству древесностружечных плит – 2-е изд. / И.А. Отлев, Ц.Б. Штейнберг, Л.С. Отлева. – М.: Лесная пром-сть, 1990. – 384 с.
5. Справочное пособие по производству фанеры / Ю.В. Васечкин, А.Д. Валягин, В.П. Сергеев и др. – М.: МГУЛ, 2002. – 297 с.

## НЕОДНОРОДНОСТЬ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ ГЕЛЕЙ ПОЧВ

Г.Н. ФЕДОТОВ, доц. каф. химии и биотехнологии МГУЛ, канд. хим. наук

Ранее нами было показано [5], что свойства почв во многом определяются состоянием структур органоминеральных гелей, связывающих почвенные частицы, а коллоидную структуру почв можно рассматривать как студень гумуса, армированный коллоидными частицами. При взаимодействии с водой армированный гумусовый студень ведет себя подобно многим полимерам: набухает, вбирая в себя воду и увеличиваясь в объеме, при высушивании происходит его усадка. Различные воздействия на почву изменяют состояние армированного полимерного гумусового студня, что приводит к наблюдаемому нами изменению свойств почв.

Остановимся на применяемых нами терминах. Термин гель происходит от латинского *gelo* – застываю, т.е. он характеризует изменение структурно-механических свойств раствора по сравнению с растворителем за счет веществ, находящихся в растворителе.

Существует два принципиально отличающихся механизма структурирования раствора, приводящих к изменению его структурно-механических свойств:

- структура образуется за счет взаимодействия между частицами, содержащимися в растворе (система гетерогенна);
- структура образуется за счет взаимодействия между полимерными молекулами,

содержащимися в растворе (система в идеале однофазна – в ней не существует поверхностей раздела между компонентами раствора).

Для того чтобы характеризовать системы одним термином, для определения гетерогенной системы мы использовали название «гель», а для гомогенной системы – «студень».

Термин «студень» достаточно широко используется в науке о полимерах [6], но однофазной системой является только идеальный студень. В реальных студнях не все макромолекулы или не все части макромолекул находятся в развернутой конформации. Поэтому в этих системах тоже возможно существование границ раздела между фазами. Принципиальная разница между гетерогенными гелями и студнями заключается в том, что в гелях структурно-механические свойства системы изменяются из-за взаимодействия между коллоидными частицами, а в студнях – из-за взаимодействия между молекулами или частями молекул, находящимися в развернутой конформации. Гетерогенные составляющие студней между собой непосредственно не взаимодействуют и не оказывают значимого влияния на свойства системы.

Предложенный нами подход к рассмотрению почв с позиций армированного гумусового студня (АГС) принципиально от-

личается от общепринятого тем, что показана возможность существования высокомолекулярных веществ гумуса не только в виде коллоидных частиц или молекул, адсорбированных на поверхности минеральных составляющих почвы, но и в виде пространственных сеток, образованных за счет взаимодействия органических макромолекул, находящихся в развернутой конформации между собой. Причем в ячейках этих сеток размещаются коллоидные частицы различной природы. Подобный подход коррелирует с «матричной теорией обновления гумуса» [7] и позволяет объяснить неоднозначность восприятия фульвокислот [8].

Следует отметить, что попытка понять природу коллоидной организации почв путем сбора и анализа данных, полученных при изучении коллоидной составляющей различных почв, оказалась не очень удачной. Как следствие исследования в этом направлении были значительно сокращены. Поэтому при создании модели АГС мы шли не от частного к общему – от накопления экспериментальных данных, их анализа и построения модели, как это принято в почвоведении, а от общего к частному – использованию теоретических воззрений химии в почвоведении и экспериментальному доказательству справедливости этих воззрений современными методами. Подобный подход особенно удобен и дает результаты при изучении физических свойств почв, но он имеет и свои недостатки. Это связано с тем, что строится физико-химическая модель некоей абстрактной почвы, которая должна отражать наиболее существенные признаки существующих почв. Как следствие подобный общий подход нуждается в уточнении и детализации при его связи с конкретным объектом.

В почвоведении проведено большое количество исследований, в которых изучалась коллоидная составляющая различных почв, и анализ полученных в этих работах результатов поможет нам уточнить и конкретизировать модель армированного гумусового студня.

Целью работы было проведение анализа экспериментальных данных по изучению почвенных коллоидов с позиции существования в почвах армированных гумусовых студней, уточнение на основе проведенного анализа предлагаемой модели и экспериментальная проверка уточненной модели.

Прежде чем рассматривать экспериментальные данные по изучению состава и свойств почвенных коллоидов, необходимо остановиться на проблеме выделения коллоидов из почв.

Несмотря на большое значение коллоидной фракции во всех звеньях почвообразовательного процесса, методы выделения почвенных коллоидов нельзя признать разработанными. Существует два принципиально отличающихся подхода к выделению и изучению коллоидной составляющей почв. Одни исследователи рассматривают почвенные коллоиды как органо-минеральные гели, покрывающие и связывающие почвенные частицы, поэтому они выделяют из почв илистую фракцию и излучают ее [9–11]. При этом происходит разделение илистой фракции на составляющие, выделяемые из почвы при различных воздействиях на нее.

Классическим методом выделения высокодисперсных частиц почвы является метод К.К. Гедройца, заключающийся в насыщении почвы ионами натрия [10], но полностью выделить коллоиды из почв этим методом невозможно.

В дальнейшем методика выделения илистой фракции усовершенствовал и применял в своих исследованиях А.Ф. Тюлин. Используя метод дробной пептизации [11], он выделял две группы микроагрегатов размером менее 10 мкм, положив в основу их электрокинетические свойства. В первую группу он включал ил, пептизируемый по Гедройцу, во вторую – ил, выделяемый методом разминания.

Позднее было доказано [9, 12], что предельная пептизация коллоидов может быть осуществлена только после насыщения почвы натрием с последующей диссолюционной пептизацией 0,02 н раствором NaOH.

В работе [9] процесс выделения составляющих илистой фракции был выполнен, на наш взгляд, наиболее последовательно из всех работ этой группы. Навеска почвы помещалась в бутылку и заливалась дистиллированной водой (1:50). Взбалтывание осуществлялось путем четырехкратного переворачивания бутылки. Сливание суспензии проводилось на глубину 22,2 см через определенный промежуток времени с учетом температуры согласно формуле Стокса. Для этой группы, названной нулевой, требовалось от 5 до 40 сливаний. Коагуляцию выделенных таким образом частиц проводили 5 н раствором хлорида кальция. Удаление избытка электролита осуществлялось путем диализа в целлофановых мешочках.

Остаток почвы после выделения нулевой группы в той же емкости 3 раза обрабатывался насыщенным раствором хлорида натрия и каждый раз оставлялся стоять на сутки. В течение суток суспензия 2–3 раза тщательно перемешивалась. После третьей обработки образцы почв снова заливались дистиллированной водой, а затем производилось отмучивание первой группы илистых частиц так же, как и нулевой группы. Для первой группы требовалось от 12 до 42 сливаний.

Остаток после выделения первой группы обрабатывали 0,05 н раствором соляной кислоты до появления в растворе слабо-розового окрашивания от роданистого аммония. Таких обработок применяли 2–3. После этого отмучивание второй группы коллоидно-илистых частиц производилось в 0,01 н растворе гидроксида натрия. Число сливаний для второй группы – от 7 до 12.

При всей несложности техники выделения коллоидно-илистых частиц процесс этот был очень трудоемким и требовал 270–290 дней.

С целью ускорения процесса предпринимались попытки применения ультразвука для пептизации почвенных коллоидов. Однако Антунес [13], изучив действие ультразвука на ряде почв различного механического состава, показал, что в почвах с содержанием

гумуса более 1 % ультразвук даже в сочетании с обработкой раствором гексаметафосфата натрия не обеспечивает полной пептизации почвенной массы.

Для уменьшения трудоемкости выделения коллоидной составляющей почв ряд исследователей [12] пошли по пути полного перевода почвенных коллоидов в суспензию, выделения из суспензии частиц разного размера и изучения их свойств.

Таким образом, приведенные данные свидетельствуют, что не разработано единого метода выделения коллоидов из почв. Каждый исследователь пытался совершенствовать методику выделения и использовал ее для изучения коллоидной составляющей почв. Как следствие результаты, полученные различными авторами, сравнивать между собой достаточно сложно. На наш взгляд, подобное связано с отсутствием ясных представлений о коллоидной составляющей почв. Большинство авторов рассматривали ее как набор коллоидных частиц, исключая из рассмотрения характер взаимодействия между ними. Многих исследователей не удовлетворяло восприятие почвенного гумуса как коллоидных частиц. Как следствие отсутствие представлений о строении коллоидной составляющей почв не дало возможности разработать общепринятые методы их исследования.

Начнем анализ с данных, полученных А.Ф. Тюлиным [11]. Из них следует (табл. 1), что в почвах существуют два вида микроагрегатов, в которых микрочастицы почвы связаны между собой двумя различными типами гелей. Причем содержание органического вещества, азота и фосфора в агрегатах 1 группы заметно больше, чем в агрегатах 2 группы.

Подобная неоднородность гелевых структур была показана не только в работах А.Ф. Тюлина. Первым обратил внимание на существование активного и пассивного ила А.Н. Соколовский [14]. Активный и пассивный гумус изучал Н.И. Лактионов [15]. Аналогичные результаты о существовании нескольких видов гелей в различных почвах получали и другие исследователи.



**Содержание гумуса, азота, фосфора в 1 и 2 группах частиц  
(в % от веса почвы или от веса каждой группы)**

Почва	Гумус (по Тюрину)	Азот (по Кьельдалю)	P2 O5 (по Лоренцу)
Слабовыщелоченный чернозем			
Почва в целом	4,97	0,21	0,08
1 группа частиц	10,39	0,47	0,23
2 группа частиц	20,95	1,10	0,32
Лугово-черноземная солонцеватая почва			
Почва в целом	13,96	0,78	0,23
1 группа частиц	14,38	0,80	0,34
2 группа частиц	21,99	1,14	0,32

Однако из всех этих работ не вполне ясно, с чем связано наличие неоднородности гелевых структур – с их неоднородным распределением в почве (пространственная неоднородность) или с неоднородностью самого гелевого слоя. Первый вариант в конце 30-х гг. XX в. отстаивал А.Ф. Тюлин, но его точка зрения была подвергнута критике. Предположение о существовании двух видов гелей вызывает определенные сомнения и с позиций модели АГС, т.к. нет никаких физико-химических или химических причин, приводящих к возникновению в почвах двух резко отличающихся гелевых структур и отсутствию плавного перехода по составу и свойствам между ними.

Проанализируем проблему неоднородности почвенных гелей с позиций компонентов, из которых они образуются:

– гумус, содержащий большее или меньшее количество полярных групп, а следовательно, в большей или меньшей степени гидрофильный и способный к образованию связей между органическими молекулами;

– различные отрицательно заряженные коллоидные частицы неорганической природы (кальцит, доломит, кремнекислота, глинистые минералы и т. д.) и органической природы, входящие в структуру гумусового студня и связанные с ним различными связями;

– положительно заряженные коллоидные частицы гидрооксидов железа и алюминия, входящие в структуру гумусового студня и связанные с ним химическими связями.

Неравномерность распределения в большей или меньшей степени всех перечисленных компонентов неизбежна, а следовательно, неизбежно различие в энергиях связи по студню. При наличии «воздействия» все частицы, покрытые гелевой оболочкой, энергии связи которых сколь угодно меньше энергии воздействия, будут пептизироваться, а те, энергия связи которых сколь угодно больше энергии воздействия, переходить в раствор не будут.

А.Ф. Тюлин применял в качестве разрушающего воздействия насыщение почвы ионами натрия. При этом в гумусовом студне происходит замещение ионов кальция, который, по-видимому, в некоторых случаях «сшивал» органические молекулы. С одной стороны, происходит разрушение части подобных «сшивок», а с другой стороны, возрастает величина избыточного отрицательного заряда на гумусовом студне за счет диссоциации кислотных групп. Все это приводит к отделению (пептизации) частей студня вместе с включенными в него микрочастицами. Можно предположить, что области студня, содержащие меньшие количества полярных групп на органической составляющей, т.е. более гидрофобные, и содержащие большие количества полуторных окислов, связывающих органические макромолекулы химическими связями, будут пептизироваться в меньшей степени. Как следствие частицы 1 группы (по Тюлину) должны содержать более гидрофильный гумус с большим количеством

полярных групп и меньшие количества полуторных окислов.

В работе А.Ф. Тюлина [11] (табл. 2) есть данные о повышенном содержании полуторных окислов в частицах 2 группы по сравнению с 1 группой (примерно в 3 раза).

Можно также предположить, что высушивание почв будет увеличивать прочность гумусового студня, т.к. при этом должно возрастет число связей между компонентами АГС. Следовательно, при этом должно меняться соотношение между частицами 1 и 2 групп в пользу последних. Экспериментальные результаты по изучению изменения соотношений между 1 и 2 группами гелей в течение сезона подтверждают и это предположение [11].

Механизмы пептизации действуют и в природных условиях, и, следовательно, должно происходить накопление более устойчивых к пептизации гелевых структур в местах, удаленных от воздействия факторов внешней среды – в глубине почвенных агрегатов, а более подвижные гелевые структуры при промывном режиме должны накапливаться в иллювиальном горизонте. Это подтверждается данными, полученными Лобицкой [16]. В коллоидной и предколлоидной фракциях дерново-подзолистой почвы величина отношения  $SiO_2/R_2O_3$  возрастает с глубиной, а величина отношения ГК/ФК с глубиной уменьшается (табл. 3).

Уменьшение отношения ГК/ФК является косвенным подтверждением увеличения содержания гидрофильных органических веществ в иллювиальном горизонте, а прямым подтверждением наших предположений являются результаты, полученные Милановским по изучению распределения в почвах гидро-

фильного и гидрофобного гумуса с использованием метода хроматографии гидрофобного взаимодействия [17]. Было показано, что с глубиной в дерново-подзолистой почве возрастает содержание гидрофильного гумуса.

Для чернозема наблюдается другая картина: в отличие от дерново-подзолистой почвы с глубиной возрастает отношение  $(ГК+ФК) / R_2O_3$  (табл. 3). Количество  $SiO_2$  в АГС с глубиной несколько уменьшается (табл. 3), состав алюмосиликатов по профилю практически не изменяется. С глубиной в отличие от дерново-подзолистой почвы усиливается преобладание гидрофобной фракции гуминовых веществ над гидрофильной [17]. Все это позволяет сделать вывод о повышении прочности АГС чернозема с глубиной.

Большой интерес представляет сравнение состава коллоидных фракций различных почв. Однако при рассмотрении результатов необходимо принимать во внимание, что, во-первых, состав неорганических коллоидов определяли после удаления органического вещества и карбонатов, которые в черноземе должны играть важную роль в стабилизации АГС. Во-вторых, в работе [16] определяли общее содержание  $SiO_2$  и  $R_2O_3$  во фракциях, в том числе и в тех, которые входят в состав первичных и глинистых минералов.

В коллоидах верхнего горизонта дерново-подзолистой почвы содержание органической составляющей почти вдвое выше, чем в черноземе (табл. 4). С учетом большего содержания в коллоидах чернозема полуторных окислов, карбонатов и гуминовых кислот можно сделать вывод о более высокой прочности АГС чернозема по сравнению с АГС дерново-подзолистой почвы.

Т а б л и ц а 2

**Содержание несиликатного железа и алюминия в слабовыщелоченном черноземе. Метод Дайона (в % от веса почвы или каждой группы)**

Объект	$Fe_2O_3$		$Al_2O_3$	
	валовое	несиликатное	валовое	несиликатное
Почва в целом	2,96	0,37	5,98	1,11
1 группа	6,10	0,68	17,47	1,51
2 группа	6,04	1,68	23,19	4,41

**Состав коллоидной и предколлоидной фракций различных почв**

Почвы	Глубина в см	Размер коллоидов в мкм	Молекулярное соотношение $\text{SiO}_2 / \text{R}_2\text{O}_3$	Соотношение C / N в гумусе	$\frac{\text{ГК}+\text{ФК}}{\text{R}_2\text{O}_3}$	Соотношение $\frac{\text{ГК}}{\text{ФК}}$ в гумусе
Дерново-сильноподзолистая	4–14	0,2–0,1	2,3	11,33	2,3	0,4
		<0,1	2,15	12,41	4,1	0,3
	15–25	0,2–0,1	2,82	12,45	1,7	0,3
		<0,1	2,68	12,64	2,8	0,2
	50–60	0,2–0,1	3,16	12,60	1,2	0,3
		<0,1	3,08	13,37	1,7	0,3
	140–150	0,2–0,1	3,12	14,25	1,8	0,2
		<0,1	3,07	14,83	1,6	0,2
Выщелоченный чернозем	0–10	0,2–0,1	3,79	9,2	2,3	1,5
		<0,1	3,65	9,4	3,7	1,7
	40–50	0,2–0,1	3,55	9,3	4,0	1,4
		<0,1	3,42	9,4	4,4	1,7
	100–110	0,2–0,1	3,55	9,1	5,8	1,2
		<0,1	3,45	9,3	6,6	1,5

Т а б л и ц а 4

**Состав коллоидной и предколлоидной фракций различных почв**

Почвы	Глубина, см	Размер коллоидов, мкм	Содержание углерода, % к фракции кол.	Содерж. $\text{SiO}_2$ , %	Содерж. негидролиз. углерода, %	Содержание $\text{R}_2\text{O}_3$ , %
Дерново-сильноподзолистая	4–14	0,2–0,1	9,18	45,91	47,0	46,92
		<0,1	17,13	44,21	15,4	49,33
	15–25	0,2–0,1	5,23	53,78	50,3	44,25
		<0,1	9,48	51,95	36,5	45,95
	50–60	0,2–0,1	0,63	49,83	49,2	41,70
		<0,1	1,07	48,95	43,9	43,52
	140–150	0,2–0,1	0,57	49,07	59,7	42,05
		<0,1	0,89	48,73	57,3	42,89
Выщелоченный чернозем	0–10	0,2–0,1	5,80	54,16	21,4	34,80
		<0,1	9,20	53,24	10,0	35,88
	40–50	0,2–0,1	5,02	54,31	31,2	36,60
		<0,1	5,55	53,00	16,1	37,94
	100–110	0,2–0,1	2,47	54,15	29,1	36,19
		<0,1	2,62	53,40	13,8	38,06

Фракция тонких коллоидов (<0,1 мкм) чернозема так же, как и в дерново-подзолистой почве (табл. 4), содержит несколько меньше кремнезема и больше полуторных окислов по сравнению с предколлоидной фракцией (0,1–0,2 мкм). Тонкие коллоиды во всех почвах (табл. 4) значительно богаче гумусом по сравнению с предколлоидной фракцией [16].

Таким образом, факторы, определяющие прочность АГС, действуют в данном

случае в разных направлениях, но ответ о прочности АГС можно поучить по соотношению  $(\text{ГК} + \text{ФК}) / \text{R}_2\text{O}_3$  (табл. 3). В предколлоидной фракции оно в 1,5–2 раза ниже, чем в коллоидной, и это позволяет сделать вывод о большей прочности АГС в предколлоидной фракции.

Проведенный анализ позволяет отметить, что армированный гумусовый студень отличается по составу не только в разных

почвах и почвенных горизонтах, он неоднороден и в одном почвенном горизонте.

В почвах можно условно выделить четыре типа армированных гумусовых студня: пептизируемых водой (1); пептизируемых растворами, содержащими ионы натрия (2); пептизируемых растворами гидроксида натрия после обработки почвы кислотой (3) и образующими негидролизующий остаток (4). Первый из них содержит небольшие количества органического вещества и полуторных окислов, а органическое вещество сильно гидрофильно. Второй тип образуется при взаимодействии органических молекул через ионы кальция и в меньшей степени при взаимодействии гидрофобных частей молекул. Он содержит больше полуторных окислов, а в ряде почв и коллоидных частиц карбонатов, стабилизирующих армированный гумусовый студень. Третий тип образуется за счет «сшивки» органических молекул гумуса преимущественно за счет полуторных окислов и гидрофобного взаимодействия между частями органических молекул. По-видимому, в этом типе АГС начинают проявлять себя и процессы полимеризации с образованием негидролизующих связей между органическими молекулами. Четвертый тип АГС образуется при дальнейшем увеличении содержания полуторных окислов, гидрофобизации макромолекул гумуса и увеличении их размера за счет образования негидролизующих связей между ними. Не все четыре типа АГС существуют во всех почвах. Так, в черноземах практически полностью отсутствует первый тип армированного гумусового студня. Можно предположить, что в почвах возможно не только послойное, но в определенных условиях и пространственное разделение различных типов армированного гумусового студня, крайним проявлением которого являются, по-видимому, почвенные новообразования.

Следует отметить, что методы определения фракционного состава гумуса сходны с методами выделения почвенных коллоидов. Это вполне естественно, т.к. органические молекулы гумуса являются составной час-

тью армированного гумусового студня, а прочность их связи и возможность выделения определяются типом армированного гумусового студня, в который они входят.

Проанализируем с позиций существования в почвах АГС основные операции, применяемые в современных методах фракционирования гумуса [18]:

1. Экстракция спиртобензольной смесью, применяемая для извлечения липидов, облегчает последующее растворение гумусовых веществ. С позиций АГС при подобной обработке происходит удаление наиболее гидрофобных молекул, которые образуют дополнительные связи между гидрофобными частями органических макромолекул [17], образующих пространственную сетку, и тем самым уменьшают прочность АГС.

2. Декальцирование почв нейтральными растворами солей, как было отмечено выше, приводит к разрушению связей между макромолекулами, которые образовались через ионы кальция, увеличивает заряд на макромолекулах, а следовательно, возрастают силы отталкивания между ними и разрушаются другие связи. В результате повышается растворимость гумусовых веществ.

3. Обработка минеральными кислотами приводит к растворению коллоидных частиц и гидроксополимеров полуторных окислов и коллоидных частиц карбонатов, связывающих макромолекулы между собой. Последующая обработка разбавленными растворами щелочей растворяет большую часть гумусовых веществ, т.к. связи, объединяющие их в единую сетку, разрушены при обработке кислотой.

В работе [19] проводили измерение электрокинетического ( $\zeta$ -потенциала) при последовательном удалении фракций гумуса из почвы, т.е. последовательно удаляли различные типы АГС.

Электрокинетический потенциал с классических позиций представляет собой потенциал на границе скольжения между твердой и жидкой фазами. Наличие двойного электрического слоя и  $\zeta$ -потенциала приво-

дит к возникновению ряда эффектов, в частности, потенциала протекания. Заключается он в том, что при движении жидкости относительно твердой поверхности происходит захват и снос потоком жидкости противоионов диффузного слоя. В результате при фильтрации жидкости через дисперсную систему возникает разница в концентрации ионов одного знака с двух сторон дисперсной системы.

Однако подобная трактовка механизма возникновения разности потенциалов при фильтрации жидкости через пористую систему соответствует действительности только в том случае, если на частицах, образующих пористую систему, существует двойной электрический слой. В почвах частицы покрыты слоем армированного гумусового студня, поэтому необходимо рассмотреть явление разделения зарядов при фильтрации с более общих позиций.

Можно с более общих позиций переформулировать условие разделения зарядов в пористой системе, через которую течет жидкость. Оно может произойти в том случае, если активность катионов в движущейся жидкости ниже, чем в контактирующем с ней слое АГС, а активность анионов выше (так, согласно механизму возникновения потенциала Доннана, между студнем и контактирующим с ним раствором соли происходит переход анионов из раствора в студень). Подтверждается подобный вывод тем, что по механизму перераспределения катионов и анионов между АГС различных почв возникают диффузионно-адсорбционные потенциалы между почвами [5].

Следовательно, механизм возникновения потенциала протекания в системах, в которых частицы покрыты АГС, состоит:

- в разрушении внешнего слоя АГС и расположении плоскости скольжения во внутренней части АГС;
- в переходе катионов из АГС, где их активность больше, в движущуюся жидкость;
- в переходе анионов из движущейся жидкости, где их активность больше, в АГС;
- в возникновении потока катионов по жидкости и АГС против направления движения жидкости и анионов – по направлению движения жидкости.

Таким образом, при определении  $\zeta$ -потенциала почв фактически оценивают соотношение активностей катионов и анионов в армированном гумусовом студне, а точнее, в том его слое, в котором располагается плоскость скольжения.

Величина потенциала протекания зависит от  $\zeta$ -потенциала почвы, который зависит от того, где располагается плоскость скольжения. Фактически величина, называемая  $\zeta$ -потенциалом почвы, характеризует состояние армированного гумусового студня.

Последовательное удаление фракций гумуса [19] проводили из пойменной дерновой почвы р. Оки. Исследовали почвы различного гранулометрического состава и с различным содержанием гумуса (табл. 5).

Из представленных данных хорошо видно, что каждый из типов АГС характеризуется своим соотношением активностей катионов и анионов.

Т а б л и ц а 5

**Электрокинетический потенциал различных пойменных дерновых почв р. Оки после удаления различных фракций гумуса**

Почвы	Исходные образцы, насыщенные ионами калия	Образцы, обработанные 0,1 н КОН	Образцы, обработанные 0,1 н КОН после декальцирования 0,1 н H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	После выделения гумусовых веществ 0,2 н КОН при 70° С
Супесчаная	6,9	2,8	16,5	15,3
Среднесуглинистая	10,3	6,9	12,1	6,5
Тяжелосуглинистая	12,9	6,7	18,0	11,0

Сначала удалили армированный гумусовый студень, органические макромолекулы которого были связаны ионами кальция и частично гидрофобными взаимодействиями. На поверхности оказался тип АГС, который образуется за счет «сшивки» органических молекул гумуса преимущественно за счет полуторных окислов и гидрофобного взаимодействия между частями органических молекул. В результате соотношение активностей катионов и анионов изменилось, что и проявилось в уменьшении  $\zeta$ -потенциала почвы. Последующая обработка 0,1 н  $H_2SO_4$  и 0,1 н КОН разрушила АГС, содержащий полуторные окислы. В результате  $\zeta$ -потенциал почвы резко вырос.

Таким образом, представленные литературные данные свидетельствуют, что армированный гумусовый студень в почвах неоднороден и что эту неоднородность почвенных гелей необходимо учитывать при исследовании почв.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты 04-04-48586, 05-04-48655)

#### Библиографический список

1. Федотов, Г.Н. Органоминеральные гели в почвах: экспериментальные факты и гипотезы / Г.Н. Федотов, А.И. Поздняков, Д.В. Жуков и др. // Почвоведение. – 2004. – № 6. – С. 691–696.
2. Федотов, Г.Н. Роль органо-минерального геля в формировании свойств почв / Г.Н. Федотов, Ю.Д. Третьяков, А.И. Поздняков и др. // Почвоведение. – 2005. – № 5. – С. 556–564.
3. Федотов, Г.Н. Ферментативные реакции в почвах / Г.Н. Федотов, Ю.Д. Третьяков, Г.В. Добровольский и др. // Доклады Академии наук РФ. – Т. 402. – 2005. – № 6.
4. Федотов, Г.Н. Коллоидные структуры в почвах / Г.Н. Федотов, Ю.Д. Третьяков, Г.В. Добровольский и др. // Доклады Академии наук РФ. – Т. 404. – 2005. – № 3.
5. Федотов, Г.Н. Роль органо-минерального геля в формировании естественных электрических полей в почвах / Г.Н. Федотов, Ю.Д. Третьяков, А.И. Поздняков и др. // Доклады Академии наук. – Т. 393. – 2003. – № 4. – С. 497–500.
6. Воюцкий, С.С. Растворы высокомолекулярных соединений / С.С. Воюцкий. – М.: Госхимиздат, 1960. – 132 с.
7. Фокин, А.Д. Включение продуктов разложения растительных остатков (меченых С) в гумусовые вещества / А.Д. Фокин // Почвоведение. – 1974. – № 11. – С. 82–91.
8. Орлов, Д.С. Почвенные фульвокислоты: история их изучения и реальность / Д.С. Орлов // Почвоведение. – 1999. – № 9. – С. 1165–1171.
9. Беседин, П.Н. Состав и свойства коллоидно-илистых фракций и водопрочных агрегатов сероземов и луговых почв / П.Н. Беседин. – Ташкент: Изд. САГУ, 1954. – 84 с.
10. Гедройц, К.К. Ультрамеханический состав почвы и зависимость его от рода катиона, находящегося в почве в поглощенном состоянии / К.К. Гедройц // Журн. оп. агроном. – Т. 22. – 1922.
11. Тюлин, А.Ф. Органо-минеральные коллоиды в почве, их генезис и значение для корневого питания высших растений / А.Ф. Тюлин. – М.: АН СССР, 1958. – 52 с.
12. Надь, М. Природа органо-минеральных коллоидов почвы: автореф. дисс. канд. с.-х. наук / М. Надь. – Л., 1957. – 17 с.
13. Antunes da Silva A. Yltra – sons na analise textural dos solos. Agron lusitana, v. 3, N 1-4, 1971.
14. Соколовский, А.Н. Из области явлений, связанных с коллоидной частью почвы / А.Н. Соколовский // Известия Петровской сельскохозяйственной академии. – Вып. 1-4. – 1921.
15. Лактионов, Н.И. Закономерности трансформации органических коллоидов в черноземах при их сельскохозяйственном использовании: автореф. дисс. докт. с.-х. наук / Н.И. Лактионов. – Киев, 1974. – 36 с.
16. Лобицкая, Л.В. Характеристика органической и минеральной частей коллоидов дерново-подзолистой почвы, чернозема и краснозема: автореф. дисс. канд. с.-х. наук / Л.В. Лобицкая. – Л., 1966. – 16 с.
17. Милановский, Е.Ю. Амфифильные компоненты гумусовых веществ почв / Е.Ю. Милановский // Почвоведение. – 2000. – № 6. – С. 706–715.
18. Орлов, Д.С. Практикум по химии гумуса / Д.С. Орлов, Л.А. Гришина. – М.: Изд. МГУ, 1981. – 272 с.
19. Чудинова, С.М. Влияние последовательного удаления фракций органического вещества на электрокинетический потенциал почвы / С.М. Чудинова, О.А. Трубецкой, Б.Н. Золотарева и др. // Почвоведение. – 1992. – № 7. – С. 123–129.

## О КРИТЕРИЯХ КАЧЕСТВА ИНСТРУМЕНТА

Л.Т. СВИРИДОВ, *проф., проректор по научной работе ВГЛТА, д-р техн. наук,*  
В.П. ИВАНОВСКИЙ, *доц. каф. древесиноведения ВГЛТА, канд. техн. наук*

**К**омплексность понятия «качества» инструмента определяется условиями работы конкретного станка по критериям безопасности, производительности, стойкости, качества обработки и экономичности. В процессе подбора инструмента обычно ориентируются на паспортные показатели. Фактическое соответствие техническим требованиям выявляется на этапах эксплуатации и обслуживания. Затупление и поломки в рабочем процессе приводят инструмент к новому качественному состоянию с обязательным изменением периода стойкости. Недостатки инструментального хозяйства обычно проявляются на стадиях доводки и контроля параметров. Каждому из критериев качества инструментов соответствует ряд факторов (рис. 1).

Инструмент со 100-процентным качеством должен в полной мере удовлетворять названным критериям, т.е. на каждый из критериев качества должно также приходиться максимальное число процентов. Количественная оценка каждого из критериев позволит более точно оценивать сравниваемые инструменты, т.к. современная модернизация дереворежущих инструментов, как правило, касается одного или нескольких критериев качества. Пользование инструментом низкого качества может привести к сбоям работы любого деревообрабатывающего предприятия. Техническое совершенствование станков обеспечивается качеством режущего инструмента, оказывающим важное влияние и на экономические показатели деятельности деревообрабатывающего производства.

### **Критерии безопасности**

В процессе эксплуатации режущих инструментов реальную опасность вызывают следующие факторы: прочность на разрыв, надежность, сбалансированность частей, размеры и масса, виброустойчивость и шум.

Низкое качество безопасности инструмента может привести к механическим травмам и профессиональным заболеваниям человека. На многих операциях механической обработки уровень шума и вибрации превышает установленные стандартные нормы в 10 и более раз [1]. Если центробежные силы в несколько раз больше силы резания, то при плохой балансировке инструмента они многократно увеличиваются. Это может привести к аварийному разрыву инструмента. В этих условиях самое важное значение имеет правильная организация рабочей зоны инструмента (например, уменьшение вылета режущего элемента из корпуса и увеличение посадочной поверхности), использование в конструкции инструментов шумо- и виброгасящих элементов. В совершенных конструкциях некоторых иностранных фирм в температурные компенсаторы запрессовывают медные заглушки, хотя конструкции прорезей различного назначения в пильных инструментах необоснованны и малоисследованны. В целом конструкции современных станков обязательно должны проходить тестирование на виброустойчивость. Необходимо дальнейшее изучение критических и резонансных частот при резании инструментом различных пород древесины. Вопросом безопасности работы и обслуживания инструментов в последнее время уделяется достаточно внимания. Поэтому критерий безопасности инструментов выступает главным при оценке качества инструмента по нижеследующим параметрам:

1. Отсутствие механических травм при эксплуатации – 10 %.
2. Наличие шумогасящих элементов в конструкции – 10 %.
3. Наличие вибропоглощающих приспособлений – 10 %.
4. Отсутствие токсического воздействия при обслуживании – 10 %.

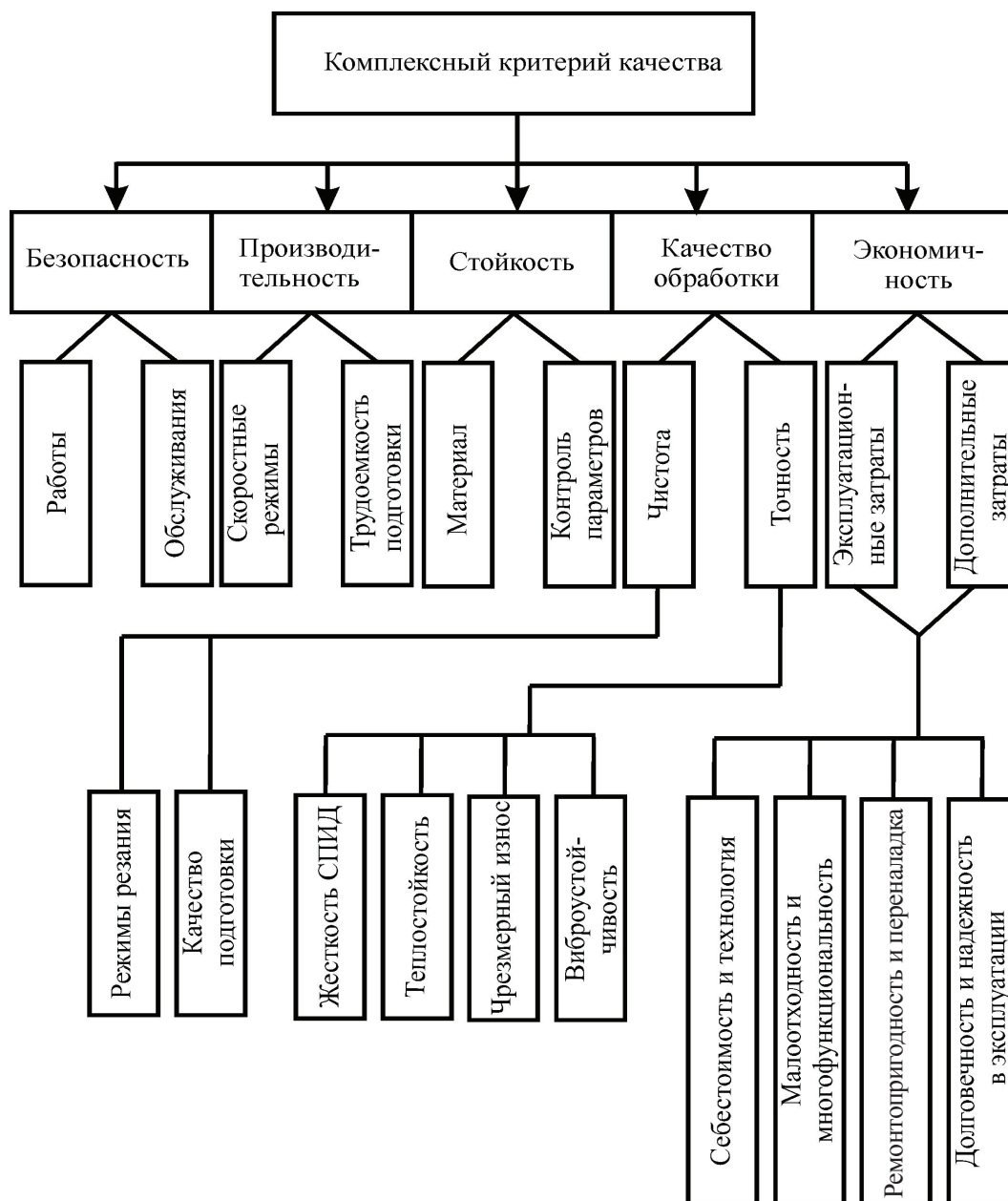


Рис. 1. Комплексный критерий качества дереворежущих инструментов

5. Сравнительно малый вес и геометрические размеры – 10 %.
6. Рациональная организация рабочей части – 10 %.
7. Надежность в эксплуатации – 10 % [2].
8. Прочность рабочей части на разрыв – 10 %.
9. Сравнительное меньшее число активных поверхностей резания – 10 %.
10. Жесткость и сбалансированность – 10 %.

### Критерии производительности

Штучную производительность любого режущего инструмента  $\Pi$ , шт/см можно определить по формуле [3]

$$\Pi = \frac{T \cdot k_u}{t_y}, \quad (1)$$

где  $T$  – сменный фонд станка, мин;  
 $k_u$  – коэффициент использования станка;  
 $t_y$  – время обработки учетной единицы продукции, мин.



Время цикла обработки

$$t_y = \frac{t_p}{k_{II}} \quad (2)$$

А так как

$$t_y = \frac{L}{U}, \quad (3)$$

то

$$t_y = \frac{L}{U \cdot k_{II}}, \quad (4)$$

где  $t_p$  – время чистого резания, мин;

$k_{II}$  – коэффициент производительности;

$L$  – путь обработки, м;

$U$  – скорость подачи, м/мин.

Тогда производительность инструмента

$$П = (U / L) \cdot k_u \cdot k_{II} \text{ (шт./см)}, \quad (5)$$

Таким образом, производительность определяется коэффициентами рабочего дня, машинного времени, использования станка и скоростью подачи. Если величина коэффициентов зависит от условий проведения производства, то скорость подачи определяется конструкцией инструмента и величиной подачи на один резец  $U_z$  (для всех технологических процессов резания). Скоростные режимы эксплуатации определяют производительность инструмента, а допускаемая подача на резец  $U_z$ , прямо пропорционально связана с качеством обработки и технической работоспособностью инструмента (ограниченной мощностью привода и работоспособностью режущих элементов, например, по выносу опилок и стружки или преодолению сил трения при бесстружечном деформировании). Кроме того, работоспособность инструмента зависит от степени остроты режущих кромок и его жесткости [4]. Четкие зависимости по нарастанию сил резания и подачи по мере затупления инструментов до конца не выявлены. Температурный прогрев при затуплении инструментов ведет к полной потере ими своей работоспособности. Скоростные возможности некоторых инструментов также не установлены, т.к. погрешности изготовления ведут к увеличенному остаточному дисбалансу, а балансировка инструментов (не только динамическая, но и статическая) практически не проводится, в то время как точность ста-

тической балансировки по величине остаточного момента неуравновешенности соответствует моменту трения качения:

$$T = c \cdot G, \quad (6)$$

где  $c$  – коэффициент трения качения балансировочной оправки, см;

$G$  – вес инструмента, кг.

Производственный эксцентриситет центра тяжести инструмента часто превышает величину 0,1 мм, т.е., ограничивает частоту вращения шпинделя станка до 3000 мин<sup>-1</sup>. Нормы безопасности промышленно выпускаемых инструментов (по допускаемой неуравновешенности) научно не обоснованы. Чем больше масса и сложнее форма инструмента, тем выше его остаточный дисбаланс. Такой инструмент требует обязательной трудоемкой динамической балансировки.

Трудоемкость подготовки, настройки, установки зависят от конструкции инструмента и оснастки для его установки в станок. Безотказность в работе [2] инструмента легко определить по формуле

$$N = 1 - \frac{T_{ab}}{T \cdot k_u}, \quad (7)$$

где  $T_{ab}$  – время аварийных потерь по вине инструмента.

Число установок и смены инструментов определяется периодом стойкости. Для снижения затрат времени на подготовку, правку, регулировку и настройку инструмента необходимо совершенствовать оснастку по установке на станок и унифицировать ее. К сожалению, каждый производитель оборудования стремится усложнить подготовительные процессы по настройке инструмента и создать индивидуальную номенклатуру оснастки. По критерию производительности можно выделить следующие параметры:

1. Сравнительно большая допускаемая скорость подачи – 10 %.
2. Сравнительно большая скорость резания – 10 %.
3. Сбалансированность частей и виброустойчивость – 10 %.
4. Простые внешние формы – 10 %.
5. Высокая безотказность – 10 %.

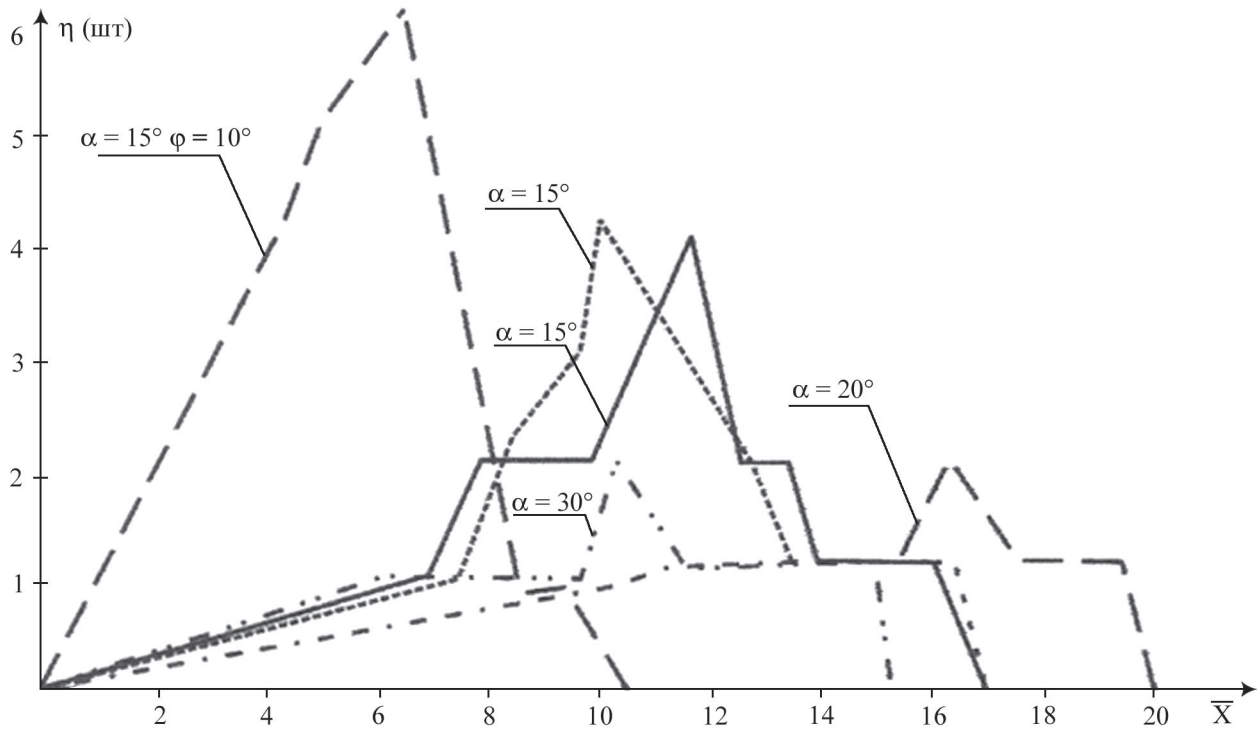


Рис. 2. Гистограмма рассеяния количества сколов на изделиях: качественные показатели резко снижаются, энергетические возрастают, но стойкость инструментов при этом увеличивается в 2 раза.

- 6. Повышенная термоустойчивость – 10 %.
- 7. Минимальные затраты времени на смену и установку – 10 %.
- 8. Минимальные затраты времени на регулировку и настройку – 10 %.
- 9. Минимальный шум при работе – 10 %.
- 10. Возможность использования для разных технологических операции – 10 %.

### Критерии стойкости

Стойкость инструментов определяется в первую очередь материалом, а также регламентированными оптимальными геометрическими и микрогеометрическими параметрами. Частота смены инструмента тесно связана с периодом стойкости

$$k = \alpha \cdot \frac{T_p}{t_c}, \quad (8)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий организацию смены инструмента;

$T_p$  – учетное время работы инструмента, г;

$t_c$  – период стойкости, ч.

Сведения по периоду стойкости инструментов [4 и др.] весьма противоречивы, и представленные данные имеют расхождение до десятков часов по отдельным инструментам, особенно оснащенных твердым сплавом. Это указывает на необходимость уточнения и конкретизации исследования в этом направлении, т.к. стойкость и долговечность инструментов тесно связаны с экономическим критерием качества. Период стойкости прямо пропорционально зависит и от качества подготовки инструментов к работе. Качество заточки имеет первостепенное значение для стойкости резцов, т.к. нарушение технологических режимов заточки ведет к реструктуризации материала режущих инструментов. Геометрические параметры инструментов также до конца не исследованы применительно для различных материалов и операций механической обработки. В фирме «Ясень» ВГЛТА проведены прикладные исследования по оптимизации некоторых параметров круглых пил, оказывающих влияние на качество пропила ламинированных плит. На рис. 2

представлена гистограмма рассеяния среднеарифметического размера от числа сколов для исследуемых пяти вариантов пил.

Известно, что увеличение угла  $\varphi$  (угла косой заточки по задней грани) приводит к снижению усилий и мощности резания. Из диаграммы видно, что наилучшим качеством пропила (меньшим числом сколов) обладает пила с угловыми параметрами:  $\alpha = 20 - 30^\circ$ ,  $\varphi = 15^\circ$  (стандартный). Средние показатели качества у пил:  $\alpha = 10 - 15^\circ$ ,  $\varphi = 15^\circ$ . С уменьшением угла косой заточки  $\varphi$  до  $10^\circ$ .

Производственные исследования стойкости круглых пил (различных форм), оснащенных твердосплавными пластинками, показали особую важность выходного контроля параметров после заточки. Доводка инструментов и предварительная их очистка повышают период стойкости до 50 %.

Таким образом, по критериям стойкости можно выделить следующие оценочные категории инструментов:

1. Выбор более прочного и износостойкого материала – 10 % (так, пилы оснащенные пластинками твердого сплава из ВК-6, показали стойкость в три и более раз выше по сравнению с ВК-15 на раскрое ламинированных древесных материалов).

2. Оптимальные параметры на данной технологической операции – 10 %.

3. Строгое соответствие геометрических параметров паспортным данным – 10 %.

4. Известный завод-изготовитель инструмента – 10 %.

5. Использование в конструкции принципов «самозаточки» резцов – 10 % (важнейшие направления поиска на современном этапе развития науки о резании древесины).

6. Качественная шлифовка инструмента, армирование режущей части силиконовым покрытием, хромирование – 10 %.

7. Эстетический внешний вид – 10 % (оказывает субъективное воздействие на работающего и таким образом часто повышает стойкость инструмента).

8. Использование современных методов повышения стойкости – 10 % [5, 6].

9. Контроль параметров после заточки и доводки – 10 %.

10. Качественная настройка в станке и наличие навыков у работающих – 10 % (установлено на основе производственного опыта).

### Критерии качества обработки

Качество обработанной поверхности определяется двумя показателями: чистотой поверхности (шероховатость) и точностью форм и размеров изделия. Основным фактором ухудшения названных показателей является износ режущих элементов. Влияние затупления инструмента на точность обработки по экспериментальным данным поперечного деления заготовок тополя сечением  $80 \times 15$  мм режущим диском на станке ЦПА-40 показано на рис. 3. В соответствии с уравнением износа [4]

$$i = \alpha \sqrt[2]{S}, \quad (9)$$

где  $i$  – линейный износ инструмента, мм;

$\alpha, p$  – параметры, зависящие от режимов резания и материала резцов;

$S$  – путь резания, м.

Износ инструмента характеризуется кривой с постепенно снижающейся интенсивностью. Разбивая весь период износа на интервалы, были построены кривые распределения для каждой партии деталей. Путем сложения ординат построена общая кривая распределения для всей партии изделий.

Поле рассеяния результатов составит

$$2S = 3 \cdot (\sigma + \sigma_T) + i, \quad (10)$$

где  $\sigma$  и  $\sigma_T$  – среднее квадратичное отклонение размеров деталей для острого и затупленного диска соответственно;

$i$  – линейный износ инструмента.

Из диаграммы видно, что максимальный износ инструмента происходит на среднем этапе приработки, а затем процесс износа несколько стабилизируется, но при этом резко возрастают силы трения и происходит интенсивный нагрев инструмента. Это может привести к потере его устойчивости, т.к. неравномерный нагрев повышает тепловые деформации инструмента, изменяя его форму, и приводит к геометрическим погрешностям обработки.

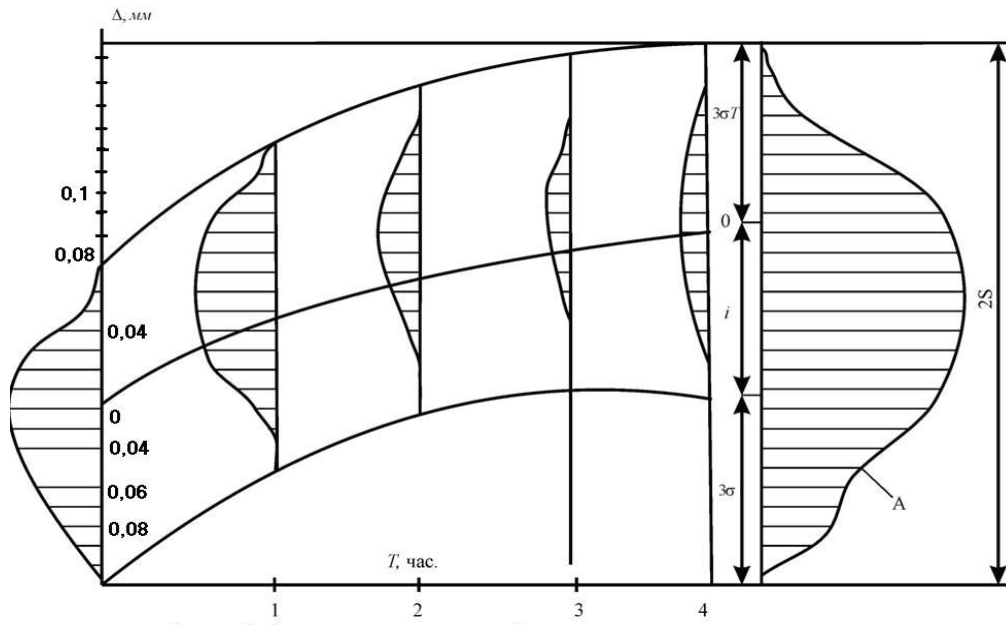


Рис. 3. Распределение погрешностей при резании диском по мере его износа

Для устранения этих деформаций необходимо тщательный выбор параметров инструмента и оптимальный режим резания.

Суммарная ошибка механической обработки включает два основных вида погрешностей: геометрические погрешности инструмента (возникающие при изготовлении или заточке) и погрешностей деформаций (температурные)

$$\Sigma\Delta = \sqrt{\Delta_2^2 + A^2}, \quad (11)$$

где  $\Delta_2$  – геометрические погрешности инструмента;

$A$  – «биение» инструмента при затуплении (рис. 3).

Наиболее полно изучены закономерности возникновения неровностей разрушения и кинематические, в недостаточной степени – неровности прожигания, неоднородного сжатия и вибрационные. Оптимизация режимов резания для различных инструментов и условий до конца не проведена и не систематизирована. Век высоких технологий настоятельно требует подключения к этому важному вопросу компьютерной базы. Качество обработанной поверхности является функцией от качества заточки и доводки инструмента. В современных условиях интенсификации производства следует повышать эффективность технологического процесса заточки [5].

Критерий качества обработки, по-видимому, должен включать следующие факторы:

- 1) обоснованный оптимальный режим резания – 10 %;
- 2) достаточная простота в заточке – 10 %;
- 3) повышенная износостойкость материала – 10 %;
- 4) способность к компенсации тепловых деформаций – 10 %;
- 5) достаточная жесткость, особенно у тонких инструментов – 10 %;
- 6) простота настройки и регулировки в станке – 10 %;
- 7) оптимизированные геометрические параметры – 10 %;
- 8) наличие жесткости в системе – 10 %;
- 9) усовершенствованный метод базирования (с применением специальной оснастки) – 10 %;
- 10) меньшая теплопроводность и наличие элементов охлаждения – 10 %.

В последнее время заметен явный переход от количественных показателей (критерия производительности и стойкости) к качественным, но фактор экономичности никогда не станет последним.

### Критерий экономичности

Экономичность объективно характеризуется величиной затрат на единицу продукции: на приобретение, эксплуатацию, обслуживание – и дополнительных затрат. Однако ведущим фактором экономичности инструмента является его малоотходность [5].

Отсутствие рациональных режимов проведения, теоретических основ и надежных технических средств на операциях деления и формообразования древесины давлением препятствует использованию данных безотходных операций на практике. При традиционной обработке резанием мягколиственной древесины, по данным различных исследований, теряется до 30 % древесного сырья. Основная доля потерь приходится на технологические операции деления и формообразования. Поэтому исследуемые технологические процессы деления и формообразования древесины давлением были выделены из всего многообразия процессов бесстружечного резания на основе разработанной классификации, позволяющей на стадии проектирования выбирать наиболее эффективные конструкции устройств.

Изучение процессов на базе созданной модели позволило выявить особенности их протекания и обосновать компоновку совершенной технологической оснастки. Выбрана реологическая модель для древесины мягких пород при сжатии вдоль волокон: объемная механическая модель Максвелла-Кельвина-Фойгхта. На характер процессов резания влияет три группы факторов: резец, объект и режим обработки. Поэтому на начальном этапе наших прикладных изысканий были изучены закономерности и последовательность развития деформаций для древесины мягких лиственных пород в осевом направлении, роль упругих и пластических деформаций при проведении процессов деления и формообразования.

Вследствие того, что сведения по реологическим свойствам древесины мягких лиственных пород весьма противоречивы, то проводилось экспериментальное уточнение

важнейших деформативных свойств такой древесины и выявлены внешние факторы, существенно увеличивающие эти свойства: температура проведения процессов деления и формообразования, скорость и режимы нагружения. Зона ползучести для исследуемой древесины соответствует напряжению сжатия в пределах 4–10 МПа. В процессе деформирования древесины при сжатии происходит ее местное уплотнение и перераспределение связей между древесными волокнами, что может привести к образованию трещин и других дефектов. Было установлено, что для мягколиственной древесины при напряжении сжатия от 5 МПа и более предел прочности на растяжение практически не меняется. Поэтому рациональным напряжением сжатия следует считать диапазон в пределах 5–6 МПа, что полностью соответствует выявленной зоне текучести мягколиственной древесины.

Деформативные свойства такой древесины в значительной степени могут быть увеличены под действием внешних факторов: режима и скорости нагружения, температуры проведения процессов и величины внешнего усилия, длительности воздействия нагрузки. Общая эластичная деформация при ступенчатом режиме нагружения больше деформации при непрерывно возрастающей нагрузке на величину эластичных деформаций, составляющих у древесины мягких пород до 25 % от общей деформации, поэтому такой режим нагружения является более предпочтительным в сравнении со всеми другими. Еще в большей степени, чем для древесины твердых пород, деформативнопрочностные свойства мягколиственной древесины меняются под действием температуры. При температуре процессов около 20 °С прирост деформации на образцах увеличивается более, чем в 2 раза.

В соответствии с построенной экспериментальной путем термомеханической кривой, рациональной температурой прогрева древесины или оснастки следует считать 80–100 °С, что согласуется с данными по оптимальной температуре прогрева средних слоев древесины перед гнутьем в пределах 95–105 °С.

Важнейшую роль в процессах силового деления и формообразования играет величина внешней нагрузки. Предложена методика расчетов и разработаны программы ЭВМ по определению этого основного разрушающего фактора с учетом специфики безопасного деления и контурного формообразования. Подробный анализ силовых и энергетических параметров процессов деформирования путем определения температурных перемещений методом конечных элементов с последовательным решением задач теплопроводности и упругости на основе созданной модели контактного взаимодействия инструмента с древесиной позволил наметить пути к разработке конкретных конструкций дереворежущих инструментов для деления и формообразования древесины мягких пород давлением, а также режимов станочного резания.

Проверка в производственных условиях показала, что бесстружечное деление дисками и ножами является перспективным способом прямолинейной обработки древесины мягких пород. Наилучшие показатели по качеству реза (шероховатость в пределах 100 мкм) и энергоемкости отмечены для толщины заготовки менее 20 мм, влажностью не менее 10–15 %. Для деления заготовок большей толщины целесообразно использовать многокаскадные ножницы или специально разработанные устройства, когда ножи каждого последующего каскада внедряются глубже предыдущего.

Проведенные численные расчеты протекания технологических процессов деления и формообразования, дальнейшие лабораторные исследования и производственные испытания оснастки показали правильность выдвинутых теоретических положений. Реализация на практике процессов деления и формообразования древесины давлением должна сопровождаться оптимальными режимами нагружения, температурой и скоростными показателями. Назначены и обоснованы конструктивные параметры инструментов: диаметры окружностей резания, углы радиального и тангентального поднутрений,

длина задней поверхности режущего элемента, высота контрпрофиля с учетом температурных коэффициентов деформативности. Намечены направления по проектированию самозатачивающихся инструментов и устройств со вставными режущими элементами повышенной износостойкости. Конструкции инструментов защищены авторскими свидетельствами и патентами РФ. Результаты НИР внедрены на 13 деревообрабатывающих предприятиях Москвы, Воронежа, Волгодонска.

Реальный экономический эффект на среднем деревообрабатывающем предприятии составляет от 50 до 200 тыс. р. за счет использования малоценной тонкомерной древесины и вовлечения в производство отходов, снижения затрат, повышения стойкости инструмента, сокращения количества операций, энергетических затрат, расхода инструментов и сокращения расхода сырья и в целом за счет повышения полезного выхода изделий из заготовок до 30 %. Наладка дереворежущего оборудования и рабочий режим эксплуатации должны выбираться с учетом особенностей используемого инструмента. Режущие диски для деления древесины: частота вращения 0–1800 мин<sup>-1</sup>; скорость подачи 4,5–10 м/мин; средняя скорость резания до 45 м/с. Штампы для формообразования: ступенчатый режим нагружения при напряжении сжатия до 10 МПа; оптимальная температура процесса при наивысшей деформативности – 50°C; рациональная плотность декоративных элементов из мягколиственной древесины (ольхи) в пределах 500–700 кг/м<sup>3</sup> [5].

Основной экономический показатель – себестоимость технологической операции – зависит от скорости резания и выбранного инструмента (рис. 4).

Графики построены по результатам производственных испытаний на ООО «Астон» г. Тамбов: на продольном делении заготовок ольхи толщиной 20 мм универсальным станком, оснащенным режущим диском. Суммарная кривая себестоимости имеет минимум  $V_{отк.}$  – экономичная скорость резания.

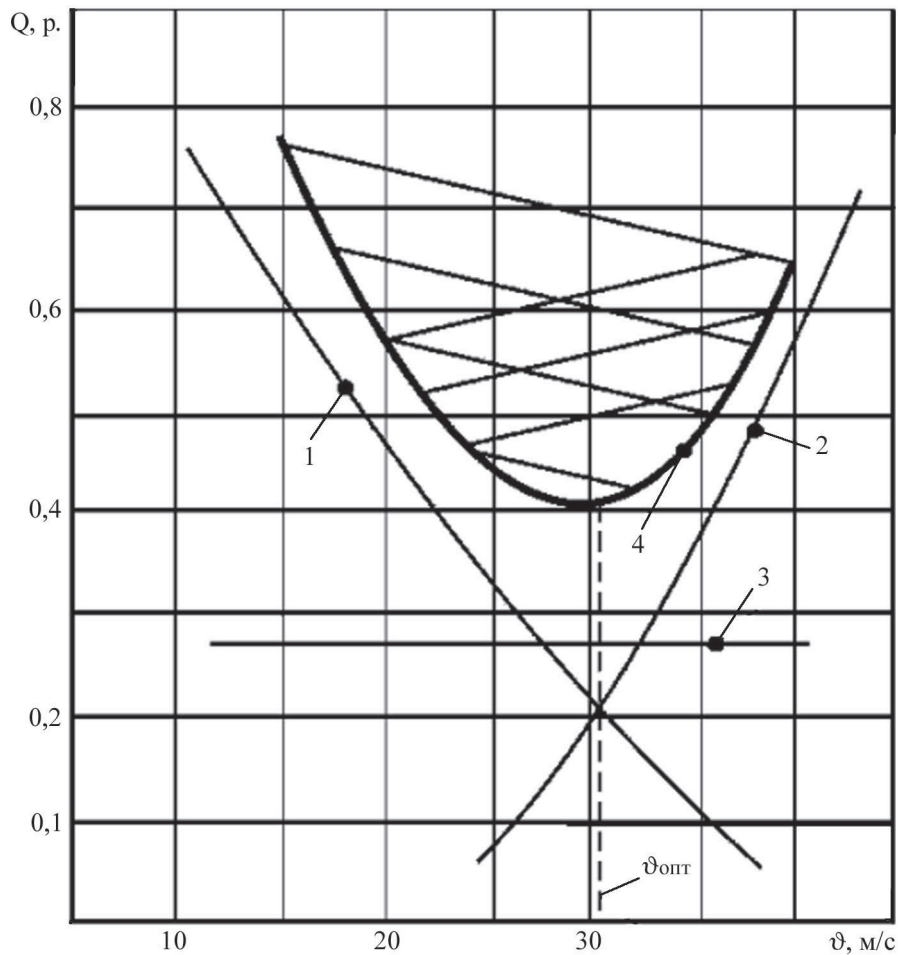


Рис. 4. Зависимость составляющих себестоимости операции по продольному делению заготовок от скорости резания: 1 – стоимость машинного времени оборудования; 2 – затраты на инструмент, его смену и наладку; 3 – непроизводительные затраты (простой оборудования и др.); 4 – суммарная зависимость себестоимости от скорости резания

Таким образом, для снижения себестоимости данной операции инструмент должен обеспечить повышение экономичной скорости резания при снижении удельного веса затрат, связанных с работой и эксплуатацией инструмента. Это достигается сокращением времени потерь на установку и смену инструмента за счет упрощения элементов крепления инструмента, создания быстросменного инструмента и др. [3]. Экономичность инструмента (наряду с критерием стойкости) может быть обеспечена созданием специализированных инструментов с подвижными (вставными) режущими кромками, подлежащими постепенному обновлению по мере износа. В этом направлении актуальна проблема по совершенствованию инструментов нового поколения, оснащенных сменными режущими

элементами из синтетических сверхтвердых материалов, а также внедрение последних упрочняющих и высоких технологий [6, 7]. Обеспечение снижения внеплановых простоев оборудования может достигаться с применением устройств, сигнализирующих о предельном износе и поломках инструментов.

Стоимость самого инструмента пропорциональна его стоимости и технологичности изготовления, точности, качеству и стоимости инструментального материала, регламентированным периодам стойкости и долговечности, многофункциональности, ремонтпригодности и, что бывает часто, предполагаемым эксплуатационным затратам на заточку, правку, ремонт, контроль, уход и другие фазы подготовки к работе. Некоторые инструменты поставляются на рынок в

виде «полуфабрикатов», например, дисковые стальные пилы после пилоштампа и вальцевания (а часто и без последнего). Это обстоятельство сильно сказывается на величине дополнительных производственных затрат (потери по вине некачественного изготовления и подготовки режущего инструмента), связанных сложными зависимостями с качественными техническими показателями режущего инструмента. Долговечность инструмента можно рассчитать по формуле

$$D = t_c \cdot n_{\max} \quad (12)$$

где  $t_c$  – время работы до переточки, ч;

$n_{\max}$  – возможное число переточек (определяется эксплуатационными характеристиками, уменьшением рабочего размера при переточке, надежностью инструмента и др. факторами).

К сожалению, предлагаемые методики по расчету теоретической долговечности далеки от совершенства и погрешность расчетов составляет более 50 %. Методы расчета долговечности и ремонтпригодности [2] нуждаются в уточнении и взаимном согласовании, особенно в связи с внедрением новейших материалов и инструментов нового поколения в производство.

Итак, согласно критерию экономичности выделяем следующие оценочные показатели качества инструмента:

- 1) минимальная заводская себестоимость – 10 %;
- 2) относительно низкие эксплуатационные затраты при сравнительно высокой экономической скорости резания – 10 %;
- 3) сравнительно низкие дополнительные производственные затраты (на дальнейшую заточку и др.) – 10 %;
- 4) возможность совмещения функций (или многофункциональность) – 10 %;
- 5) ремонтпригодность – 10 %;
- 6) наличие устройств, сигнализирующих о степени износа – 10 %;
- 7) возможность обновления режущих элементов по мере износа или поломки – 10 %;
- 8) сравнительно малые отходы (или безотходность) при обработке резанием – 10 %;

9) предельно высокая долговечность – 10 %

10) способность противостоять коррозии и др. внешним воздействиям – 10 %.

### Комплексный критерий качества

Техническое совершенство работы дереворежущих станков поддерживается качеством режущего инструмента, а экономичная целесообразность технологической операции предопределяется уровнем организации инструментального хозяйства.

Комплексный критерий качества инструмента совмещает в себе функции других 5 критериев и является среднеарифметическим от них. Создание инструмента со 100-процентным качеством теоретически возможно на современном уровне развития техники, поэтому при проектировании новых деревообрабатывающих инструментов следует отдавать предпочтение инструментам, имеющим максимальный комплексный критерий или близкий к 100 %. Сравнительный анализ качества инструментов до сих пор проводится по отдельным показателям, без конкретной количественной оценки.

В связи с этим на базе лаборатории станков и инструментов ВГЛТА в последние годы проводилась негосударственная сертификация некоторых широко используемых в регионе инструментов: круглых и ленточных пил, насадных и концевых фрез, строгально-фрезерных ножей и др. Установлено, что в результате мероприятий по уходу (заточка, балансировка, сборка, настройка, установка и др.) из-за недостаточной точности применяемого оборудования и низкой квалификации работающих, при отсутствии подготовительных операций по контролю параметров и доводки почти все инструменты на различных стадиях использования теряют более половины своего качества по комплексному критерию. При последующей установке, наладке и проверке на станке инструмент может быть полностью непригоден к работе. Практически был установлен критический предел по комплексному критерию, равный 30 %, когда инструмент подле-



жит выбраковке. Следует отметить, что оценка качества любого инструмента требует не только достаточно высокой квалификации эксперта, но и наличие необходимого, точного измерительного оборудования и приборов: инструментальный микроскоп, твердомер, профилометр.

Критерии качества инструментов проверялись на промышленно выпускаемых позиционных станках лаборатории и в производственных условиях деревообрабатывающих и мебельных предприятиях города: «Ясень» ВГЛТА, ООО «Ниса» и др. В результате оценки, например, установлено, что круглая пила с пластинками твердого сплава немецкого производства имеет комплексный критерий качества 72 %, а аналогичная пила, но бывшая в употреблении, уже 50 %. Строгально-фрезерный нож – всего 34 %. Фреза насадная цилиндрическая по ГОСТ 14958–79 – 50 %. Круглая строгальная пила по ГОСТ 18479–73, но бывшая в употреблении – 56 %. Штамп для мозаичного паркета ВГЛТА – 82 %, а режущий

диск по патенту РФ № 2041300 с 4-мя ступенями резания обладает наилучшим комплексным критерием, величина достигает 80 %.

По полученным данным попытаемся сделать анализ качества инструментов от их предлагаемой стоимости (рис. 5). Согласно полученной зависимости разработанный комплексный критерий качества инструментов почти прямо пропорционально зависит от их рыночной стоимости. Таким образом, по рыночной цене инструмента можно ориентировать его качество. Однако во многих случаях (особенно на инструменте, бывшем в пользовании) представление зависимости не функционирует: концевые фрезы китайского производства, насадные фрезы с ТСП производства Украины, круглые пилы с ТСП производства Чехии и др. испытуемые дереворежущие инструменты. Перестройка последнего десятилетия, кризис инструментальной промышленности привели к засилью на рынке инструментов иностранного производства, качество которого весьма сомнительно.

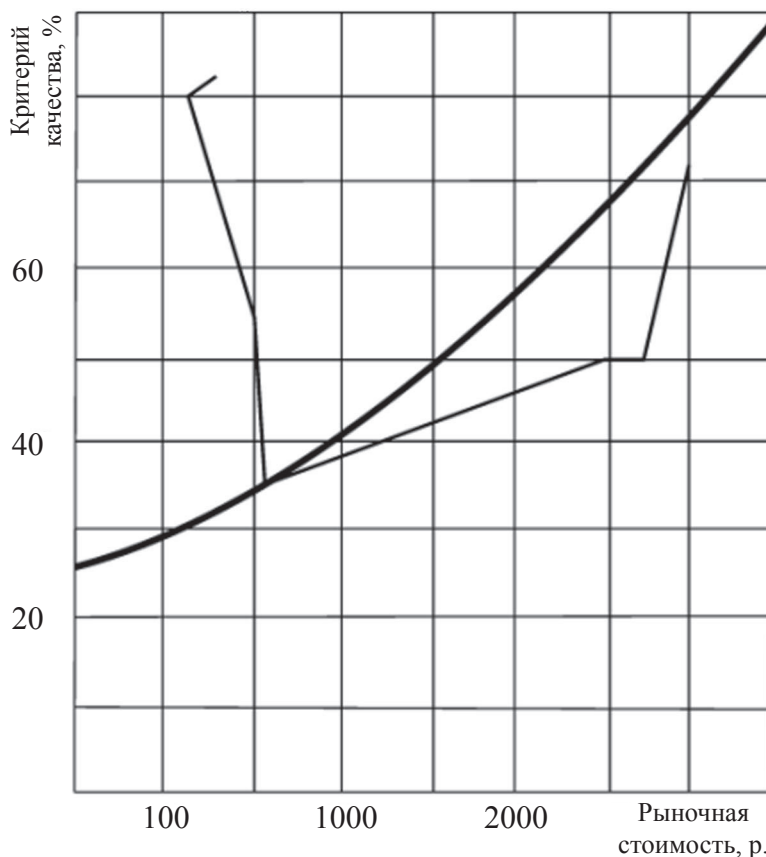


Рис. 5. Изменение качества инструментов в зависимости от их стоимости

Однако первенство России в теоретическом обосновании конструкций инструментов остается, несомненно, и сейчас. Уникальны отечественные разработки в области материаловедения, повышения стойкости инструментов, проектирования. Иностранцы же конкуренты совершенствуют конструкции инструментов на основе статистических данных, используя развитую промышленную базу и налаженные коммерческие связи.

Создание единого российского центра сертификации инструментов позволило бы сконцентрировать внимание отечественных производителей на качестве выпускаемых инструментов, обосновать их фактическую стоимость и наладить массовое промышленное изготовление инструментов нового поколения, превосходящих своим качеством иностранные устройства. В процессе разработки комплексного критерия качества для дереворежущих инструментов были вскрыты задачи, стоящие перед инструментальщиками на современном этапе развития лесного комплекса.

1. Проектирование новых инструментов с комплексным критерием менее 50 % нецелесообразно, т.к. критический порог качества составляет 30 %. Качество инструмента за время эксплуатации в силу различных причин неизменно снижается [8].

2. Конструкции деревообрабатывающих машин в целом и инструмент обязательно должны проходить тестирование на виброустойчивость [9]. Необходимо дальнейшее исследование критических и резонансных частот при резании инструментом различных пород древесины.

3. Скоростные режимы эксплуатации определяет производительность инструмента. В целом работоспособность режущего инструмента неразрывно связана со степенью остроты режущих кромок. Скоростные возможности инструментов до конца не выяснены и при подготовке к работе обязательны операции статической и динамической балансировки инструментов.

4. Существует острая необходимость в уточнении и конкретизации исследований пе-

риода стойкости широкой номенклатуры инструментов. Стойкость инструментов зависит от качества их подготовки, заточки, настройки и установки. Предварительная очистка, доводка и выходной контроль параметров после заточки повышает стойкость до 50 %.

5. Оптимизация параметров инструментов применительно к условиям обработки древесины приводит к снижению погрешностей, однако недостаточно исследованы процессы возникновения неровностей «прижигания», неоднородного сжатия и вибрационных. Качество обработанной поверхности является функцией качества заточки и доводки.

6. Научное обоснование и освоение промышленностью перспективных технологических процессов по обработке древесины давлением позволяет повысить экономичность различных операций и полностью перерабатывать древесное сырье. Совершенствование этих процессов деформирования в XXI веке носит объективный характер. Безотходные технологические операции обработки мягколиственной древесины позволяют существенно заменить твердолиственные ценные породы древесины в промышленном изготовлении декоративных элементов мебели, столярно-строительных и др. изделий, а также повысить производительность труда, улучшить качество срезов и формованных элементов.

7. Проектируемые и создаваемые инструменты должны обладать повышенными экономичными скоростями резания. Актуальна проблема по разработке экономичных инструментов с подвижными (вставными) режущими кромками, обновляемыми по мере изнашивания и выполненными из сверхтвердых материалов.

8. Методики современных расчетов долговечности и ремонтпригодности далеки от совершенства и предполагают значительные погрешности. Величина эксплуатационных затрат редко учитывается в стоимости инструмента и приводит к снижению их экономических показателей.

9. Проведенные исследования по оценке качества различных инструментов точно указывают критический предел по комплекс-

ному критерию, а численная величина разработанного критерия пропорциональна рыночной цене дереворежущих инструментов. Режущие диски обладают высоким качеством в сравнении с другими инструментами и перспективны для промышленного освоения.

#### Библиографический список

1. Симсон, И.И. Обеспечение безопасности в столлярно-строительном производстве / И.И. Симсон. – Л.: Стойиздат, 1988 – 152с.
2. Маковский, Н.В. Теория и конструкция деревообрабатывающих машин / Н.В. Маковский. – М.: Лесная пром-сть, 1990. – 608 с.
3. Кирсанов, Г.Н. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов / Г.Н. Кирсанов. – М.: Машиностроение, 1986. – 288 с.
4. Зотов, Г.А. Подготовка и эксплуатация дереворежущего инструмента / Г.А. Зотов, Ф.А. Швырев. – М.: Лесная пром-сть», 1986. – 302 с.
5. Ивановский, В.П. Бесстружечное резание древесины мягких пород / В.П. Ивановский. – Воронеж.: ВГУ, 2003. – 170 с.
6. Зотов, Г.А. Повышение стойкости дереворежущего инструмента / Г.А. Зотов, Е.А. Памфилов. – М.: Экология, 1991. – 301 с.
7. Когаев, В.П. Прочность и износостойкость деталей машин / В.П. Когаев, Ю.Н. Дроздов. – М.: Высш. шк., 1994. – 319 с.
8. Манжос, Ф.М. Качество дереворежущих инструментов / Ф.М. Манжос // Новое в технике и технологии деревообработки.: науч. тр. Украин. НИИ механ. обработки древесины. – М.: Лесная пром-сть, 1972. – С. 6–23.
9. Маковский, Н.В. Проектирование деревообрабатывающих машин / Н.В. Маковский. – М.: Лесная пром-сть, 1982. – 304 с.

### ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ВЫХОДА ПИЛОПРОДУКЦИИ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ ОТ РУБОК УХОДА

Ф.В. ПОШАРНИКОВ, *проф.*, *зав. каф. технологии и оборудования лесопромышленного производства ВГЛТА, действ. член Академии естествознания РФ, д-р техн. наук*,  
А.С. ЧЕРНЫХ, *доц. каф. технологии и оборудования лесопромышленного производства ВГЛТА, канд. техн. наук*

Полное использование в лесопильных цехах сырья от рубок промежуточного пользования с широким диапазоном размерно-качественных параметров должно осуществляться на основе рационального раскря бревен на пилопродукцию целевого назначения. Учитывая специфику и качество, многосортность и неоднородность пиловочника, заготавливаемого от рубок промежуточного пользования, особое внимание должно уделяться индивидуальному подходу к раскряю каждого бревна.

При этом в современном лесопилении требуется разработка вопросов по оптимизации и моделированию индивидуального раскря лесоматериалов. В ВГЛТА проведены исследования по моделированию раскря лесоматериалов с учетом их индивидуальных особенностей [1, 2].

Модель заготовки (пиловочника) в структурной форме может быть представлена как

$$MЗ = \{Z_{\beta}, P_{\beta\delta}, P_{\beta\delta}^{\varepsilon\delta}, \widehat{P}_{\beta\delta}^{\varepsilon\delta} n^{\varepsilon}\},$$

где  $Z_{\beta}$  – число заготовок;

$P_{\beta\delta}$  – поверхности заготовок;

$P_{\beta\delta}^{\varepsilon\delta}$  – параметры поверхностей заготовок

( $P_{\beta 10}^1$  – диаметр бревен пиловочных, м;

$P_{\beta 10}^2$  – сбег бревен пиловочных, см/м;

$P_{\beta 10}^3$  – длина бревен пиловочных, м;

$P_{\beta 10}^4$  – кривизна бревен пиловочных, %;

$P_{\beta 10}^5$  – порода древесины;

$P_{\beta 10}^6$  – влажность древесины, %;

$P_{\beta 10}^7$  – температура древесины, °С;

$P_{\beta 10}^8$  – размер сердцевинной гнили,

доли диаметра;

$P_{\beta 10}^9$  – зона хлыста, из которой выпилен пиловочник;

$P_{\beta 10}^{10}$  – число сучьев на поверхности бревна;

$P_{\beta 10}^{11}$  – эллиптичность вершинного торца);

$\widehat{P}_{\beta\delta}^{\varepsilon\delta} n^{\varepsilon}$  – значения параметров поверхностей заготовок.

Все параметры, входящие в математическую модель, могут быть получены на основе автоматизированных средств измерения. Далее полученная информация при использовании специального алгоритма и программного обеспечения трансформируется в имитационную модель заготовки и изделий с адекватностью 98,7 %.

В основе этого программного продукта лежит сплайновая модель. При сложной форме оси хлыста или в случае многоэкстремальной кривизны полиномиальная интерполяция может давать значительные погрешности в промежутках между узлами (координатами) оси бревна. С увеличением числа узлов погрешность может расти. Использование при этом кусочно-интерполирующей функции (разные участки бревна или хлыста описываются разными функциями, а затем «сшиваются» в узлах) приводит к разрыву в узлах интерполяции первой производной такой функции.

От этих недостатков свободны аппроксимация и интерполяция с помощью сплайн-функций. Сплайн-функция, или просто сплайн – это функция с кусочной структурой, с повторяющимся на каждом звене строени-

ем, но с различными значениями параметров. Слово «сплайн» (англ. spline) происходит от названия гибких лекальных линеек, которыми издавна пользовались английские корабли [4].

Проведенные авторами исследования показывают, что для математического описания поверхности хлыстов (бревен) и брусев, а также необрезных досок с любыми пороками формы наиболее универсальным математическим аппаратом являются бикубические сплайны, имеющие второй порядок гладкости.

Формированию трехмерной геометрической модели поверхности бревна (хлыста) с помощью бикубических сплайнов может служить некоторая протяженная двусторонняя поверхность, гомеоморфная конечному цилиндру с замкнутой направляющей. Можно считать, что она представлена своим точечным каркасом – матрицей значений

$$\|z_{ij}\|; i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, M,$$

заданных некоторым регулярным образом в узлах сетки

$$\Delta = \Delta x + \Delta y; \Delta x : a = x_1 < x_2 < \dots < x_n = b;$$

$$\Delta y : a = y_1 < y_2 < \dots < y_n = d,$$

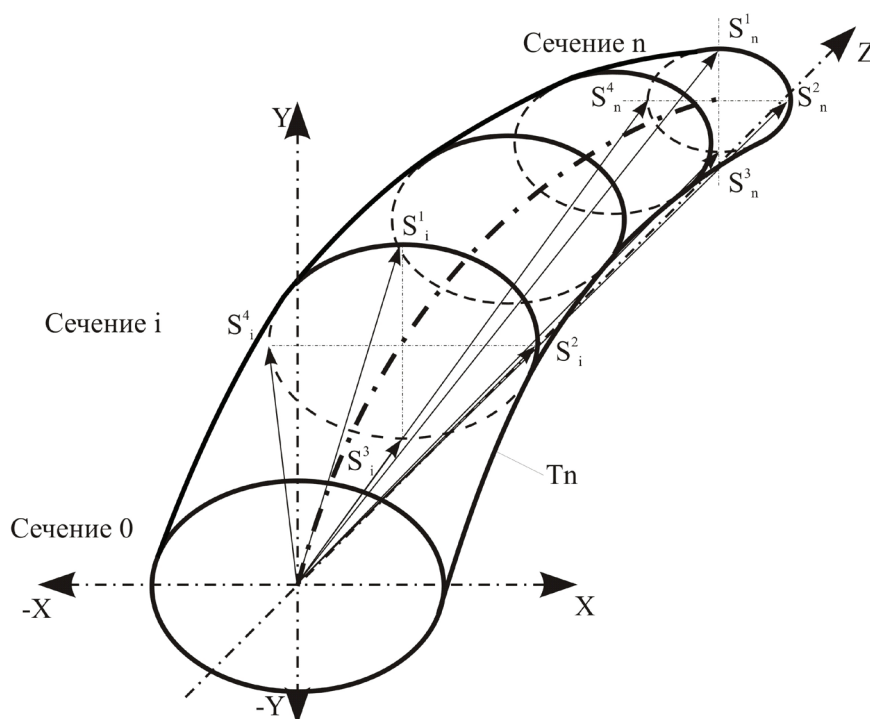


Рисунок. Графическое представление сплайн-функции для лесоматериалов

Точечный каркас поверхности может быть образован одним из простейших способов, когда сетка  $\Delta$  и матрица представляют собой значения прямоугольных декартовых координат, соответствующих точкам поверхности. Этот способ задает направление двух семейств координат линий: первое образовано замкнутыми линиями поперечных сечений  $S_n$ , второе состоит из образующих боковой поверхности бревна  $T_n$  (рисунок). Если значения точечного каркаса получены из точных измерений, то естественным способом аппроксимации таких данных является интерполяция в виде сплайна.

Так как геометрическая модель поверхности бревна относится к замкнутым поверхностям, то удобно использовать ее параметрическое представление

$$\vec{r}(t, s) = [x(t, s), y(t, s), z(t, s)],$$

где  $t$  и  $s$  – параметры, связанные соответственно с первым и вторым семействами координатных линий ( $s$  – параметр поперечного сечения, а  $t$  – параметр образующей и местоположения сечения).

Параметризация поверхности, заданной узлами точечного каркаса, может быть проведена следующим образом. Выбрав две каркасные линии из разных семейств, представленных в дискретно-точечной форме, и введя для каждой из них параметризацию по суммарной длине хорд, получают сетки  $\Delta t$  и  $\Delta s$ , объединение которых дает двумерную сетку.

Следовательно, моделирование поверхности сводится к построению трех бикубических сплайнов на общей сетке узлов.

Применение численных моделей на основе сплайнов позволяет практически с полной адекватностью описывать раскраиваемый объект и максимально учитывать при раскрое геометрические особенности его формы.

Практическое применение предложенных моделей в системах автоматизированного учета, раскроя, а также проектирования связано с построением соответствующих алгоритмов раскроя сырья и созданием приста-

вок для оборудования, обеспечивающего необходимые измерительные, вычислительные и технологические функции.

Модель изделия (пилопродукция) неразрывным образом связана с моделью исходной заготовки. Пиловочник как объект переработки проходит ряд состояний по изменению формы, размеров, значений параметров поверхностей; в результате получается продукция.

$$MI = \{ I_j, P_{jt}, P_{jt}^l, \hat{P}_{jt}^l n^l \},$$

где  $I_j$  – число изделий;

$P_{jt}$  – поверхности изделий;

$P_{jt}^l$  – параметры поверхностей изделий

( $P_{\beta 20}^1$  – ширина пиломатериалов, мм;

$P_{\beta 20}^2$  – толщина пиломатериалов, мм;

$P_{\beta 20}^3$  – длина пиломатериалов, м;

$P_{\beta 20}^4$  – шероховатость поверхностей пиломатериалов, мкм;

$P_{\beta 20}^5$  – порода древесины;

$P_{\beta 20}^6$  – влажность древесины, %;

$P_{\beta 20}^7$  – температура древесины, °С;

$P_{\beta 20}^8$  – угол радиальности, град;

$P_{\beta 20}^9$  – отклонение по толщине пиломатериалов;

$P_{\beta 20}^{10}$  – отклонение по ширине пиломатериалов;

$P_{\beta 20}^{11}$  – отклонение по длине пиломатериалов;

$P_{\beta 20}^{12}$  – отклонение по шероховатости;

$P_{\beta 20}^{13}$  – припуск на усушку;

$P_{\beta 20}^{14}$  – припуск на дальнейшую обработку);

$\hat{P}_{jt}^l n^l$  – значение параметров поверхностей изделий.

Основой геометрической модели заготовок и изделий является исходная информация о совокупности обрабатываемых поверхностей, которая наиболее удобным образом может быть представлена в виде графа размерных связей. На основе графа размерных связей с порядковыми функциями производится выбор оптимальной схемы раскроя пиловочного сырья. Задача сводится к отысканию максимального пути на графе с учетом ряда условий.

Одним из таких условий является ориентация пластей пилопродукции относительно годовичных слоев. Пилопродукция при тангентальном расположении пластей лучше вписывается в зоны качества бревна, и их выход больше, чем при радиальном расположении. Пилопочные бревна в различных частях имеют разное количество тех или иных пороков древесины, определяющих качество соответствующих частей бревен. Ряд основных пороков сравнительно закономерно распределяется по направлению длины и поперечного сечения пиловочных бревен. Таким путем обычно распределяются сучки, сердцевинная ослабленная древесина, гнили и др. Если закономерности распределения пороков известны, то раскрой лесоматериалов для получения пилопродукции высшего качества можно вести с наиболее выгодным направлением пропилов [3]. Решение этой задачи усложняется тем, что в заказах потребителей ставятся требования дать пилопродукцию только определенного качества или сорта. Например, пилопродукцию радиальной распиловки, которая имеет наибольшую стоимость и спрос. Однако она производится при использовании способов, которые хуже всего вписываются в качественные зоны бревна, что ведет к большому количеству отходов.

Таким образом, схема раскроя выбирается на основе следующего условия

$$S_{xi} = \begin{cases} 1, \text{ если } \left[ \left( \hat{\Pi}_{\beta\delta}^{\varepsilon\delta} \in \hat{\Pi}_{\beta\delta}^{\varepsilon\delta} \text{ рек.} \right) \cup \left( \hat{\Pi}_{jt}^{lt} \text{ спец.} \right) \right] \& \\ \& \left( OK \rightarrow \min \right) \& \left( Q_{мл.} \rightarrow \max \right) \\ 0, \text{ в противном случае,} \end{cases}$$

т.е. *i*-я схема раскроя выбирается при условии, что значения параметров поверхностей бревна  $\hat{\Pi}_{\beta\delta}^{\varepsilon\delta}$  входят в рекомендуемый диапазон  $\hat{\Pi}_{\beta\delta}^{\varepsilon\delta} \text{ рек.}$  при данной схеме (рекомендуемый диапазон оптимизируется), с учетом выполнения заданной спецификации  $\hat{\Pi}_{jt}^{lt} \text{ спец.}$  пилопродукции, при наилучшем использовании качественных зон сырья ( $OK_i$ ) и при обеспечении наибольшего объемного выхода продукции ( $Q_{мл.}$ ).

Следует отметить, что описанная модель решает не просто частную задачу моделирования поверхности сортиментов и пиломатериалов, а является теоретической основой нового концептуального подхода, который возник как попытка преодоления узких мест в теории раскроя пиловочного сырья.

При помощи данного метода можно более точно оценить степень влияния индивидуальных особенностей лесоматериалов на объемно-качественный выход различных видов пилопродукции.

Достоинством предлагаемого подхода являются полная формализация вычислительного процесса, что позволяет его легко автоматизировать и вести ускоренный поиск по любому количеству и сочетанию входных и выходных факторов.

Проведенная экономическая оценка для условий малолесных районов показывает, что при годовом объеме переработки 5 тыс. м<sup>3</sup>, при внедрении предложенной методики моделирования раскроя лесоматериалов на пилопродукцию годовой экономический эффект составит около 750 тыс. р. при сроке окупаемости дополнительных вложений 1,1 года. При этом выход пиломатериалов высоких сортов увеличивается на 5,2–9,5 %.

### Библиографический список

1. Петровский, В.С. Оптимальная раскряжевка лесоматериалов / В.С. Петровский. – М.: Лесная промышленность, 1990, – 471 с.
2. Пошарников, Ф.В. Формирование упорядоченного кортежа состояний поверхностей бревен пиловочных и пиломатериалов / Ф.В. Пошарников, А.С. Черных // Природопользование, ресурсы техн. обесп: межвузовск. сб. науч. тр. – Воронеж: ВГЛТА, 2000. – С. 103 – 106.
3. Ронканен, А.Н. Исследования о влиянии кривизны и сбежистости пиловочника на длину и ширину досок / А.Н. Ронканен: Выпуск общества «Метс-техо» № 23, перевод с финского, 1988. – 25 с.
4. Янушкевич, А.А. Сплайны в моделировании раскроя круглых лесоматериалов / А.А. Янушкевич, М.И. Кулак, М.К. Яковлев // Лесной. журн. – 1999. – № 2. – С. 68–72.

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТРАТЕГИИ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

С.Е. ГРЯЗНОВ, доц. СПбЛТА, канд. экон. наук,  
С.Е. СУКОНКИН асс. СПбЛТА

В первую очередь следует отметить, что концепция реформирования лесного сектора должна строиться на достижении цели увеличения вклада лесного сектора России в создание валового внутреннего продукта. Основания для достижения этой цели существуют:

1. Достаточный ресурсный потенциал. Так как лесные ресурсы осваиваются не полностью и в среднем по стране составляют 30 % от возможного объема заготовки.
2. Развитые технологии лесопользования.
3. Наличие инвестиционного интереса и потенциала у хозяйствующих субъектов к лесозаготовительной отрасли.
4. Наличие квалифицированных кадров и развитой системы их подготовки.

Таким образом, концепция реформирования должна создавать возможности реализации имеющегося инвестиционного потенциала.

В последнее время уделяется много внимания вопросам организации отношений лесопользования и стратегии освоения лесных ресурсов. В первую очередь определяются основные участники отношений лесопользования, их полномочия и взаимоотношения между ними. Основанием для данной дискуссии послужили низкий объем пользования древесиной (неполное освоение расчетной лесосеки), дефицит продукции лесозаготовительной отрасли, а также разработка нового лесного кодекса.

Учитывая экономическую целесообразность, а также оценивая историю осуществления лесозаготовок в России, можно выделить две основные стратегии – долгосрочного и краткосрочного лесопользования [1].

В краткосрочной стратегии предметом договора между федеральным органом управления лесными ресурсами и лесопользователем является разовое пользование сроком на один год (один лесозаготовительный сезон), при котором одна сторона (лесопользователь) зани-

мается только заготовкой лесных ресурсов, а все другие вопросы, связанные с эффективной организацией лесозаготовок, созданием инфраструктуры для осуществления лесозаготовок, выполнением лесохозяйственных работ, относятся к компетенции другой стороны договора (федеральному органу управления).

В долгосрочной стратегии предметом договора становится весь комплекс лесохозяйственных и лесозаготовительных работ, которые передаются лесопользователю. С точки зрения окупаемости такого инвестиционного проекта, договор выгодно заключать на срок 15–20 лет.

Ниже представлены основные особенности каждой стратегии.

Стратегия долгосрочного пользования предполагает привлечение крупного бизнеса, который обладает значительными финансовыми возможностями и нацелен на получение дохода через длительный период времени. Инвестиционный проект долгосрочного лесопользования состоит из двух этапов. Первый этап является убыточным, т.к. требует осуществления крупных инвестиций, связанных с созданием необходимой производственной базы и инфраструктуры. На втором этапе инвестиции начинают приносить доход и постепенно покрывать убытки, образованные на первом этапе. В этих условиях федеральный орган управления лесными ресурсами для того, чтобы улучшить положение инвестора, предоставляет ему на первом этапе льготные условия лесопользования: снижает платежи за пользование лесными ресурсами; оказывает финансовую и административную поддержку.

С точки зрения технологии, лесозаготовительная деятельность в рамках долгосрочной стратегии лесопользования является одним из этапов производства в вертикально интегрированной производственной структуре по полной переработке древесины. Лесо-

заготовки осуществляются исключительно для удовлетворения внутренних потребностей данного предприятия. Предприятие заинтересовано в проведении лесозаготовок в больших объемах и с высокой концентрацией лесосечного фонда. Одно производственное подразделение выполняет весь комплекс подготовительных, вспомогательных, лесохозяйственных и лесозаготовительных работ.

В условиях длительной стратегии лесопользования исчезают транзакционные издержки, т.к. все этапы производства выполняются в рамках одного предприятия.

У федерального органа управления лесными ресурсами исчезает необходимость создания рыночной институциональной структуры по эффективному взаимодействию всех участников отношений лесопользования.

Обязанность лесопользователя выполнять дополнительные работы, помимо лесозаготовительных, вызывает у него увеличение затрат и рост себестоимости лесоматериалов, которые он компенсирует за счет снижения размера платежей за пользование древесиной на корню. В результате уменьшается доход от продажи лесных ресурсов. По сути, часть этого дохода остается у лесопользователя в виде субсидии на выполнение лесохозяйственных работ. При реализации этой стратегии вклад лесопользователя в увеличение ВВП будет представлен не в виде текущих платежей за право пользования, а в виде предстоящих доходов от использования созданной инфраструктуры и мощностей по глубокой переработке древесины.

Исходя из длительного срока пользования, федеральный орган управления лесными ресурсами вынужден осуществлять функцию контроля на основе контроля процесса выполнения работ, а не результата этих работ. Разница между этими двумя способами контроля заключается в методах борьбы с нарушениями условий договора. В первом случае применяются административные меры к существующему (бессменному) исполнителю работ в виде лишения льгот и ужесточения условий пользования. Во втором случае используются рыночные меры, такие, как лишение права

пользования и привлечение других лесопользователей, арест имущества недобросовестного лесопользователя и т. п.

В целом применение долгосрочной стратегии лесопользования создает следующие преимущества:

1. Длительный срок пользования увеличивает возможность прямого контроля за лесопользователем по исполнению им взятых на себя обязательств.

2. Федеральный орган управления лесными ресурсами передает пользователю выполнение всех хозяйственных функций в лесу, в результате чего он избегает необходимости, во-первых, нести риск по эффективному управлению имуществом и, во-вторых, ежедневно регулировать и координировать деятельность хозяйствующих субъектов в целях эффективного использования лесных ресурсов.

3. Лесопользователь получает возможность за счет больших объемов производства и комплексного использования древесины снизить издержки производства конечной продукции.

Вторая стратегия – краткосрочная стратегия лесопользования – основана на привлечении малого и среднего бизнеса.

Данный тип бизнеса отличается низкой капиталоемкостью, быстрым оборотом капитала, наибольшим объемом и узкой специализацией производства. Этот бизнес не ориентирован на крупные инвестиции и не рассчитывает на получение дохода через длительный период времени. Основная цель представителей малого и среднего бизнеса – получение дохода от лесозаготовок, они не заинтересованы и не способны взять на себя выполнение всех хозяйственных работ в лесу.

При узкой специализации лесозаготовитель несет затраты, связанные только с основным видом деятельности, в отличие от предприятий, работающих по долгосрочной стратегии лесопользования. В этом случае за счет сочетания краткосрочной стратегии лесопользования, конкурентной рыночной среды и использования процедуры аукциона у федерального органа управления лесными ресурса-



ми появляется возможность получить максимальный доход от продажи лесных ресурсов.

Применяя стратегию лесопользования с участием малого и среднего бизнеса, федеральный орган управления лесными ресурсами будет вынужден самостоятельно организовать и координировать выполнение работ в лесу множеством различных хозяйствующих субъектов. Несмотря на трудности, связанные с формированием рыночных институтов, на рынке лесопользования появляется конкурентная среда.

Конкуренция создает ряд преимуществ для федерального органа управления лесными ресурсами. Во-первых, она может стать гарантией рационального использования лесных ресурсов. Лесопользователи будут бояться потерять право пользования древесиной на корню, т.к. в противном случае это право может быть передано другому, более эффективному пользователю. Иными словами, лучший способ контроля – это наличие альтернативного пользователя. И, во-вторых, взаимную координацию индивидуальных действий множества хозяйствующих субъектов проще достичь в условиях конкуренции, нежели с помощью прямого вмешательства в их деятельность.

В рамках современной дискуссии большинство авторов отдают предпочтение долгосрочной стратегии лесопользования. Тем не менее существуют объективные причины, по которым нельзя ориентироваться на применение только данной стратегии.

В первую очередь следует отметить, что главной характеристикой рыночной экономики является возможность и необходимость одновременного сосуществования нескольких стратегий ведения бизнеса. В зависимости от особенностей ведения бизнеса разными хозяйствующими субъектами, различий в уровне социально-экономического развития регионов, различий в структуре лесного фонда и концентрации лесосечного фонда и др. у каждой стратегии появляются свои сильные и слабые стороны. В этой ситуации нельзя определить одну, лучшую по сравнению с другими стратегиями [2].

В противном случае формируется определенная группа хозяйствующих субъектов, которая заинтересована в осуществлении лесозаготовок, но в силу своих экономических особенностей не в состоянии заниматься этим бизнесом в рамках одной жестко заданной стратегии осуществления лесозаготовок. Так, как в рыночных условиях нет возможности запретить деятельность данной группы, нужно стараться использовать их экономический потенциал (их стремление к собственной выгоде) для достижения выгоды всех хозяйствующих субъектов, участвующих в отношениях лесопользования. Для достижения этой цели необходимо формировать гибкий механизм: искать и пользоваться всеми возможными способами привлечения инвестиций, приспособливаться к конъюнктуре рынка, направлять и дополнять деятельность отдельных групп хозяйствующих субъектов, иначе их деятельность будет приносить только вред. Следует по возможности привлекать как можно больше различных групп хозяйствующих субъектов и на основе рыночных методов для увеличения объема инвестиций в лесной сектор. Невозможно применить одну стратегию ведения бизнеса к разным участникам. Необходимо дифференцировать участников для получения наибольшего дохода от собственности и наиболее полного ее использования.

Сложившийся дефицит на продукцию лесозаготовок, высокая доходность данной деятельности и относительная доступность лесных ресурсов делает этот бизнес привлекательным для всех групп хозяйствующих субъектов, и ориентироваться при формировании стратегии освоения лесных ресурсов только на одну из этих групп нецелесообразно.

Наиболее существенное влияние на формирование различных стратегий оказывают различия между малым и средним бизнесом, с одной стороны, и крупным бизнесом – с другой.

Крупный и средний бизнес занимают разные ниши рынка лесоматериалов. У одного не вызывает интерес сфера деятельности другого. Крупный бизнес заинтересован в

оптовых продажах стандартизированной продукции. Малый и средний бизнес, напротив, нацелен на мелкие розничные продажи и индивидуальный подход к каждому потребителю. Конечно, крупный бизнес может создать розничную сбытовую сеть, но при этом чем шире будет эта сеть, тем больше будут косвенные издержки на складские работы, доставку продукции и т. д. В отличие от крупного бизнеса, малый и средний бизнес выполняют отдельный заказ и не несут затраты по организации сети сбыта продукции.

Кроме того, малый и средний бизнес используют труд местного (стационарного) населения и способствуют решению проблемы занятости населения, а крупный бизнес использует труд сторонних рабочих и вынужден нести затраты по созданию необходимых социальных условий для осуществления трудовой деятельности.

Малый и средний бизнес играют существенную роль в лесозаготовках Ленинградской области.

Оценивая современные тенденции организации лесопользования, все больше представителей малого и среднего бизнеса заинтересованы (вынуждены) в объединении своих сил для сохранения своих позиций на рынке лесозаготовок. В Ленинградской области ключевую позицию в процессе объединения занимает ассоциация «Союз лесопромышленников Ленинградской области». Помимо лесозаготовителей, в Союз входят деревообрабатывающие предприятия, производители лесозаготовительной техники, предприятия, специализированные на перевозке лесных грузов, снабженческо-сбытовые организации (терминалы и лесные биржи) и др.

Данная ассоциация, с одной стороны, выполняет функцию организации рыночной институциональной структуры среди своих участников и, с другой стороны, отстаивает общие интересы своих участников перед органами государственной власти и формирует существенный «противовес» крупному бизнесу.

Сейчас на рынке лесозаготовок Ленинградской области действует 155 лесо-

пользователей, из которых 60 входят в Союз лесопромышленников. Представители этой ассоциации занимают 60 % рынка лесоматериалов (3,5 млн м<sup>3</sup> в год) со средневзвешенным объемом заготовки на каждого из участников – 60 тыс. м<sup>3</sup> в год. У 80 % участников Союза ежегодный объем лесозаготовок не превышает 100 тыс. м<sup>3</sup> (рисунок) [3].

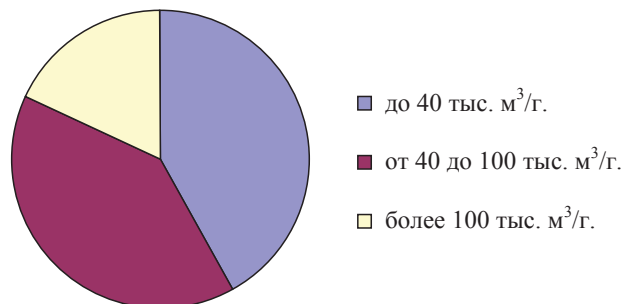


Рисунок. Распределение участников Союза лесопромышленников Ленинградской области на группы в зависимости от ежегодного объема заготовленной древесины

Также в поддержку деятельности малого и среднего бизнеса в лесозаготовительной отрасли выступают крупные лесоперерабатывающие предприятия (в том числе ЦБП). Они осознают, что не способны своими силами заготовить необходимое количество сырья без привлечения дополнительных значительных инвестиций. Исходя из существующих в Ленинградской области условий развития инфраструктуры, концентрации лесосечного фонда и возможного экономического эффекта от масштаба, деревообработчикам для дальнейшего увеличения объема производства выгоднее закупать лесоматериалы у представителей малого и среднего бизнеса, чем осуществлять лесозаготовку самостоятельно. По данным представителей компании «ИлимПалп», предприятия малого и среднего бизнеса занимают существенную долю на рынке лесоматериалов. На отдельных деревообрабатывающих предприятиях доля сырья от представителей малого и среднего бизнеса составляет 85 %.

В этих условиях ориентация только на стратегию долгосрочного пользования принесет значительный вред деревообрабатыва-

ющей отрасли и повлечет нарушение сложившихся хозяйственных связей.

Другая причина для применения различных стратегий лесопользования заключается в различном уровне социально-экономического развития регионов. Даже в рамках Ленинградской области существуют значительные отличия в плотности дорожной сети, удаленности трудовых и других ресурсов производства от мест лесозаготовок, удаленности от рынка сбыта и т. д.

При наличии инфраструктуры можно с успехом применять стратегию краткосрочного пользования с привлечением малого и среднего бизнеса, который направлен на формирование ценовой конкуренции и позволит увеличить доход от использования лесных ресурсов. В противном случае применение долгосрочной стратегии приведет к ряду негативных последствий:

- возникновению противоречий между представителями разных стратегий лесопользования;
- неэффективному использованию лесных ресурсов из-за этих противоречий;
- увеличению издержек по контролю за использованием лесных ресурсов со стороны всех участников отношений лесопользования;
- потере дохода федеральным органом управления лесными ресурсами, т.к. преимуществами от наличия инфраструктуры будет пользоваться лесопользователь.

При отсутствии инфраструктуры у стратегии долгосрочного пользования появляются преимущества, исходя из того, что:

- малый бизнес не способен заниматься лесозаготовками в данных условиях;
- крупный бизнес в состоянии создать необходимую инфраструктуру;
- основной задачей федерального органа управления лесными ресурсами становится не получение максимального дохода от продажи лесных ресурсов, а забота о создании необходимой инфраструктуры на данной территории.

Для характеристики размещения лесопользования традиционно используется де-

ление территории Ленинградской области на три лесозоноэкономические зоны: северо-западный район (Карельский перешеек), восточный район, юго-западный район.

Территория северо-западного района в довоенный период была частью Финляндии. На момент присоединения к Ленинградской области здесь уже была сложившаяся инфраструктура, развитая дорожная сеть и высокий уровень ведения лесного хозяйства, характерный для Финляндии. В советский период рубки главного пользования проводились в ограниченных объемах. Транспортная обеспеченность самая высокая в области – 10,4 км на тыс. га (при средней по области 5,9 км на тыс. га) [4]. Благоприятные экономические условия обеспечивают стабильно возрастающие объемы лесопользования (табл. 2).

Леса юго-западного района представляют собой пример интенсивного лесного хозяйства советского периода с преимущественным искусственным лесовосстановлением. Обеспеченность дорогами – около 7–9 км на тыс. га [4].

Наибольшие резервы лесозаготовок имеются в восточном районе области (более половины всех лесов региона). Восток области не привлекает лесопромышленных предпринимателей из-за слабой инфраструктуры, в т. ч. и дорожной (2–3 км на тыс. га) [4]. Интенсивность лесохозяйственной деятельности ниже, чем в среднем по области, и ее уровень снижается по степени приближения к границе с Вологодской областью.

На основании представленных ниже табл. 1 и 2 можно судить о возможностях и выгоде от применения той или иной стратегии лесопользования [5].

В табл. 1 представлена информация о существующем уровне развития инфраструктуры в Ленинградской области и ее структуре по районам.

Представленные в табл. 2 данные демонстрируют, насколько на фактический объем лесозаготовок и ее стабильность влияет уровень развития инфраструктуры.

**Площадь и доля лесоэкономических районов Ленинградской области**

Лесоэкономический район	Общая площадь лесного фонда, тыс. га	Удельный вес, %
Северо-западный	778,9	17,0
Восточный	2459,3	53,7
Юго-западный	1338,9	29,3
В целом по Лен. обл.	4577,1	100

**Размещение рубок главного пользования по территории Ленинградской области за период с 1981 по 2001 гг.**

Район	1981 г.		1987 г.		1993 г.		2001 г.	
	тыс. м <sup>3</sup>	%	тыс. м <sup>3</sup>	%	тыс. м <sup>3</sup>	%	тыс. м <sup>3</sup>	%
Северо-западный	165,8	3,4	307,4	5,5	305,4	10,1	646,9	15,2
Восточный	3336,4	69,3	3642,6	64,8	1919,1	63,5	2441,4	57,5
Юго-западный	1310,0	27,2	1671,9	29,7	796,1	26,4	1158,6	27,3
В целом по Ленинградской области	4812,2	100	5621,9	100	3020,6	100	4246,9	100

На фоне колебаний объемов заготовок, характерных для области в целом и для восточного и юго-западного районов, наблюдается тенденция увеличения объема заготовленной древесины в северо-западном районе, доля которого стабильно возрастает. Удельный вес восточного района уменьшается. Доля юго-западного района практически не меняется.

В целом анализ влияния данного фактора на выбор стратегии лесопользования в условиях Ленинградской области показал, что в северо-западном и части юго-западного районов предпочтение следует отдавать краткосрочной стратегии лесопользования, а успешное освоение лесных ресурсов в восточном и оставшейся части юго-западного районов в большей степени связано со стратегией долгосрочного лесопользования.

На выбор той или иной стратегии лесопользования также оказывает влияние структура лесного фонда и концентрация лесосечного фонда. Этот фактор особенно важен для крупных лесопользователей. Они заинтересованы в высокой концентрации лесосечного фонда, т.к. это условие позволит им воспользоваться основным преимуществом – экономией от эффекта масштаба. Если лесосечный фонд рассеян по территории арендованного участка, то

у крупного бизнеса возникают дополнительные издержки при осуществлении лесозаготовительной и лесохозяйственной деятельности, связанные с перемещением техники и выполнением подготовительных и вспомогательных работ. В этом случае данный участок не будет вызывать интерес у крупных лесопользователей, а федеральному органу управления лесными ресурсами будет выгодно разбить этот участок на несколько мелких участков и передать их в краткосрочное пользование представителям малого и среднего бизнеса.

По данным Союза лесопромышленников, средняя площадь лесосеки по Ленинградской области составляет 5,5 га. С учетом лесоводственных требований, по которым максимальная площадь лесосеки в условиях Ленинградской области достигает 10 га, можно утверждать, что в целом по области лесосечный фонд децентрализован. При этом данный показатель существенно колеблется по основным районам области и составляет соответственно: в восточном районе – 7,0 га.; в северо-западном – 4,5 га.; в юго-западном – 3,5 га.

Известно также, что смешанный породный состав участка лесного фонда снижает эффективность лесозаготовок, т.к. ухудшается качественный состав и увеличиваются

затраты по сортировке заготовленной древесины. К тому же если преобладающая порода хвойная, то к возрасту рубки хвойной породы лиственная древесина уже теряет свои потребительские свойства.

Исходя из табл. 3, можно оценить породный состав лесного фонда Ленинградской области по основным экономическим районам [5].

В северо-западном по сравнению с другими районами самая высокая концентрация хвойных пород, в юго-западном устойчивое преобладание лиственных пород, в восточном произошло небольшое сокращение доли хвойных пород, возможно, за счет снижения доступности лесных ресурсов.

Данные о перспективах изменения величины лесосечного фонда и его товарной структуры также представляют интерес для крупных лесозаготовителей, ориентированных на долгосрочную стратегию лесопользования, и позволяют им судить о привлека-

тельности данного лесного участка. В табл. 4 представлена информация о доле лесных насаждений каждого класса возраста по основным районам Ленинградской области [5].

Из табл. 4 видно, что в целом по Ленинградской области происходит накопление спелых и перестойных насаждений. В восточном и юго-западном районах наблюдается равномерное распределение площадей лесного фонда по классам возраста, и в ближайшие 20–40 лет накопление спелых и перестойных насаждений будет замедляться по сравнению с предыдущими периодами. В северо-западном районе насаждения распределены по классам возраста неравномерно, со значительным накоплением в 5-м классе возраста, за счет чего в ближайшее время произойдет существенное увеличение доли спелых и перестойных древостоев в этом районе. В результате наибольший интерес для лесозаготовителей представляет северо-западный район Ленинградской области.

Т а б л и ц а 3

**Изменение объемов рубки главного пользования по породам и по районам Ленинградской области в 1987 и 2001 гг.**

Район	1987 г.			2001 г.		
	хвойн., тыс. м <sup>3</sup>	листв., тыс. м <sup>3</sup>	хвойн., %	хвойн., тыс. м <sup>3</sup>	листв., тыс. м <sup>3</sup>	хвойн., %
Северо-западный	257,2	50,2	84	475,7	171,2	86
Восточный	2047,9	1594,7	56	1223,6	1217,8	50
Юго-западный	647,8	1024,1	39	523,3	635,3	45
В целом по Ленинградской области	2952,9	2669,0	53	2222,6	2024,3	53

Т а б л и ц а 4

**Изменение структуры лесного фонда по классам возраста и по районам Ленинградской области с 1961 по 2001 гг.**

Период	Распределение площадей лесного фонда по классам возраста, %					
	1	2	3	4	5	6 и старше
Северо-западный регион						
1961 г.	8	16	38	21	6	11
1981 г.	4	7	14	40	21	13
2001 г.	6	5	8	15	37	30
Юго-западный регион						
1961 г.	12	16	22	19	11	20
1981 г.	10	11	14	20	20	25
2001 г.	7	12	11	15	21	33
Восточный регион						
1961 г.	10	13	18	22	14	24
1981 г.	13	9	12	16	21	29
2001 г.	9	14	11	15	19	31
В целом по Ленинградской области						
1961 г.	10	14	23	21	12	20
1981 г.	10	9	13	21	21	25
2001 г.	8	12	11	15	23	32

В северо-западном районе высокие показатели состояния лесного фонда и развитая инфраструктура позволяют сформировать на данной территории рыночную институциональную структуру лесопользования и предоставляют возможность федеральному органу управления лесными ресурсами получать значительную выгоду от применения стратегии краткосрочного пользования.

В восточном районе следует отдать предпочтение стратегии долгосрочного пользования.

Юго-западный район вызывает интерес у всех групп лесопользователей и по своим экономическим характеристикам позволяет применять как одну, так и другую стратегию лесопользования.

В результате проведенный анализ данных по Ленинградской области показал, что использовать только одну стратегию лесопользования на всей территории области невыгодно и невозможно. В противном случае возникает ряд трудностей:

– в некоторых условиях лесозаготовители не заинтересованы в долгосрочном пользовании;

– в отдельных случаях федеральному органу управления лесными ресурсами невыгодно применять стратегию долгосрочного пользования, т.к., воспользовавшись другой стратегией, он мог бы увеличить доход от использования лесных ресурсов;

– иногда могут возникнуть противоречия между представителями различных стратегий лесопользования в результате пересечения их интересов.

В целом для эффективного и полного использования лесных ресурсов необходимо

сегментировать рынок лесопользования и применять различные стратегии лесозаготовок.

Суть современной стратегии освоения лесных ресурсов должна строиться на снижении противоречий между различными группами хозяйствующих субъектов и учете интересов каждого из них, а не к жесткому навязыванию традиционной, удобной для отдельной группы стратегии лесопользования.

В заключение следует отметить, что подобный принцип применения разных вариантов осуществления лесозаготовок был отражен в Лесном кодексе 1997 г. в виде краткосрочного пользования сроком до 1-го года и аренды на 5 и 49 лет [6]. Также этот принцип сохранился в новом проекте Лесного кодекса, что является положительной особенностью данного документа.

#### Библиографический список

1. Петров, А.П. Экономика комплексного использования лесных ресурсов / А.П. Петров. – СПб., 1978. – 184 с.
2. Макконел, Брю. Экономикс / Макконел, Брю. – М., 1995. – Т.1. – 632 с.
3. Сводный отчет о результатах деятельности предприятий, входящих в «Союз лесопромышленников Ленинградской области» за 2004 год.
4. Кудряшев, М.М. Леса Ленинградской области: Современное состояние и пути возможного развития: учеб. пособие / М.М. Кудряшев, Г. Набуурс, Р. Пяйвинен и др. – СПбГЛТА, 1998. – 84 с.
5. Кузминых, Ю.В. Развитие лесопользования и динамика запасов углерода в лесах Ленинградской области / Ю.В. Кузминых, С.Е. Грязнов, С.Е. Суконкин и др.; под ред. проф. А.П. Петрова. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2004. – 112 с.
6. Лесной кодекс РФ, 1997.

### РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ КАК ИНДИКАТОР ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЕМ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ)

А.В. РОДИОНОВ, *ст. преподаватель каф. механизации сельскохозяйственного производства ПетрГУ, канд. техн. наук*

Государственной целью стратегического управления лесопользованием является увеличение его доли с 1 до 10 % валового продукта России [1, 2]. Наиболее важным с эконо-

мической точки зрения видом лесопользования в Российской Федерации является заготовка древесины. Леса России позволяют получать свыше 3200 млрд р. дохода ежегодно, но ва-

ловой продукт в лесном комплексе составляет только 256 млрд р./год, т. е. 8 % возможного.

Республика Карелия (РК) в составе РФ отличается высоким уровнем использования расчетной лесосеки – 72 %. Съем древесины с 1 га лесопокрытой площади составляет 0,72 м<sup>3</sup>/год, прирост древесины на 1 га – 1,3 м<sup>3</sup>/год, доход по конечному продукту – около 2500 р. с 1 м<sup>3</sup> древесины. В то же время в Финляндии съем древесины с 1 га составляет 2,8 м<sup>3</sup>/год, доход по конечному продукту – не менее 6000 р. (по курсу 32 р. за 1 долл. США) [3].

Попытки решения проблем лесопользования только совершенствованием технологии приводят к ситуации, когда при сравнимых природно-производственных условиях эффективность лесопользования в России на порядок ниже, чем в развитых странах [4]. Поиски выхода из этой парадоксальной ситуации приводят исследователей к тому, что основной причиной является игнорирование экономических факторов.

Согласно классической политэкономии [5], общественное производство характеризуется производительными силами и производственными отношениями. Отношения базируются на распределении прибыли, которая возникает после продажи на рынке произведенной продукции [6].

По признаку прав собственности на основные экономические ресурсы (факторы производства) в лесном комплексе РФ можно выделить три устойчивые группы участников отношений, возникающих при производстве лесной продукции (лесных отношений) [7]:

1) представители органов государственной власти (чиновники), в руках которых находятся права собственности на лесные ресурсы страны;

2) предприниматели, в собственности которых находятся средства переработки лесных ресурсов в предметы потребления (капитал);

3) наемные работники – граждане, владеющие в основном только своей рабочей силой. Отнесем к этой категории иждивенцев – бывших или будущих работников, занятых на данный момент в потреблении.

Чтобы получить продукцию, необходимо объединить в процессе ее производства все три фактора. В условиях рыночной экономики это возможно только на основе согласования интересов (свободной договоренности) между собственниками факторов, что выражается в актах обмена или купли–продажи факторов.

Мотив, который движет участниками этих актов, – максимизация своего чистого дохода [6], который для каждого участника определяется так:

1) для чиновников – разница между поступлениями в бюджет от лесного комплекса и затратами на ведение лесного хозяйства;

2) для предпринимателей – разница между выручкой от реализации лесной продукции и затратами на ее производство;

3) для наемных работников – разница между заработной платой (в т. ч. льготы) и затратами на поддержание своей способности к существованию.

В процессе распределения общего дохода от реализации лесной продукции появляется противоречие между общим объемом этого дохода и частными долями в нем собственников экономических ресурсов.

Таким образом, региональный лесной комплекс как экономическая система включает государство (*G*), предпринимателей (*B*) и наемных работников (*R*). Объектом деятельности этой системы являются лесные ресурсы региона, которые характеризуются годовым объемом заготовки *V*, м<sup>3</sup> и стоимостью продукции  $\lambda$ , р., получаемой из 1 м<sup>3</sup> заготавливаемого древесного сырья [7, 8].

Результатом функционирования этой системы является годовая выручка от реализации лесной продукции *X*, руб. [8]

$$X = V \cdot \lambda . \quad (1)$$

Годовая выручка делится между участниками системы

$$X = D_G + D_B + D_R , \quad (2)$$

где *D<sub>G</sub>* – доход государства;

*D<sub>B</sub>* – доход предпринимателей;

*D<sub>R</sub>* – доход работников, р.

Каждый из участников несет затраты на простое или расширенное воспроизвод-

ство принадлежащего ему ресурса как фактора производства лесной продукции.

Главное ограничение в лесопользовании, принимаемое всеми его участниками, заключается в том, что процесс производства лесной продукции не должен приводить к истощению ни одного из факторов производства, т. к. при исчезновении хотя бы одного фактора прекратится поступление доходов для всех участников. Следовательно, доходы каждого собственника должны покрывать его затраты для обеспечения простого воспроизводства либо превышать их – для расширенного воспроизводства [5, 6]. Это ограничение нашло свое отражение в принципе «неистощительного лесопользования» [9], в котором можно выделить экономические, социальные и экологические аспекты [10].

Для оценки эффективности использования ресурсов в процессе лесопользования используется коэффициент рентабельности  $\eta$  [6]

$$\eta = \frac{D - C}{C} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где  $D$  – доходы собственника, р.;

$C$  – затраты собственника, р.

Если  $\eta = 0$ , обеспечивается простое воспроизводство; если  $\eta < 0$ , происходит истощение ресурса; если  $\eta > 0$ , создаются условия для расширенного воспроизводства ресурса.

Естественным экономическим поведением каждого участника является увеличение рентабельности затрат [5, 6].

В качестве инструмента государственного регулирования процесса развития лесного комплекса региона предлагается поддержка рационального уровня рентабельности для каждого из участников лесных отношений [8].

Полный успех взаимодействия участников лесных отношений оценивается дости-

жением к поставленному сроку научно обоснованной нормы лесопользования (расчетной лесосеки), млн м<sup>3</sup>/год, и выработкой продукции (в денежном выражении) с 1 м<sup>3</sup> заготовленной древесины на уровне стран с передовой организацией лесопользования.

Для лесного комплекса РК это означает увеличение к 2010 г. объемов заготовки древесины с нынешних 6,3 до 13–14 млн м<sup>3</sup> и повышение дохода по конечному продукту, вырабатываемому из 1 м<sup>3</sup> заготовленной древесины, не менее чем в 3 раза – до 6400 р./м<sup>3</sup> (200 долл. США по курсу 32 р. за 1 долл. США) [3, 7].

С использованием данных Государственного комитета по статистике РК [11] установлено, что в 2002 г. в Карелии было заготовлено 6301,1 тыс. м<sup>3</sup> древесины, средневзвешенная стоимость продукции составила 2497,62 р./м<sup>3</sup>. Рентабельность затрат участников лесопользования в РК в 2002 г. указана в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что доходы наемных работников в лесном комплексе РК в 2002 г. не обеспечивали их простое воспроизводство, что подтверждается данными [12] о превышении смертности над рождаемостью в Карелии – на 8,2 чел./1000 чел. населения республики. Такая ситуация противоречит принятому принципу неистощительного лесопользования.

С целью обеспечения простого воспроизводства системы предлагается корректировка в распределении выручки от реализации лесной продукции (табл. 1). Таким образом, государство ценой потери менее 5 % своих чистых доходов обеспечивает функционирование неистощительного лесопользования на уровне простого воспроизводства. Рентабельность доходов участников лесных отношений в РК до и после корректировки представлена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

**Рентабельность участников лесных отношений РК**

Показатель	Участник лесных отношений		
	Государство	Предприниматели	Работники
Затраты, млн р.	90,85	8611,43	3157,96
Доходы, млн р.	2932,92	9771,79	3033,04
Рентабельность, %:			
до корректировки	3128,31	13,47	– 3,96
после корректировки	2990,81	13,47	0,00



Для определения продолжительности периода  $T$  достижения в лесном комплексе РК максимального (исходя из продуктивных свойств лесов рассматриваемого региона) объема заготовки древесины  $V_{\max} = 14$  млн м<sup>3</sup> и максимальной (исходя из достигнутого мирового уровня) стоимости продукции, вырабатываемой из 1 м<sup>3</sup> заготовленной древесины,  $\lambda_{\max} = 6400$  р. [3], примем каждый год функционирования лесного комплекса как дискретный шаг  $t$  к достижению цели. Все затраты, необходимые в течение каждого шага, делаются одновременно в начале шага, а доходы образуются и распределяются между участниками также одновременно в конце этого шага [8].

Примем также, что весь доход, получаемый предпринимателями к концу каждого года (шага)  $t$ , по достижении этой цели инвестируется в развитие производства лесной продукции в регионе в начале шага  $t + 1$ .

Основаниями для этого допущения в рассматриваемой системе служат:

1) только предприниматели являются собственниками капитала (средств производства), позволяющего при соединении с лесными ресурсами и рабочей силой получать лесную продукцию;

2) для предпринимателей единственным способом получения и увеличения дохода на свой капитал является функционирование производства.

Доход  $D_B(t + 1)$ , полученный к концу шага  $t$ , будет распределяться

$$D_B(t + 1) = C_B(t) + P_B(t + 1), \quad (4)$$

где  $C_B(t)$  – затраты предпринимателей на поддержание ситуации шага  $t$  на шаге  $t + 1$ , р.;

$P_B(t + 1)$  – прибыль, полученная предпринимателями к концу шага  $t$  и направляемая ими на развитие производства в начале шага  $t + 1$ , р.

В общем случае часть  $x \cdot P_B(t + 1)$  прибыли направляется на увеличение объема заготовок на шаге  $t + 1$ , а другая часть,  $y \cdot P_B(t + 1)$ , – на увеличение стоимости продукции из 1 м<sup>3</sup> древесного сырья на шаге  $t + 1$ , т.е.

$$P_B(t + 1) = x \cdot P_B(t + 1) + y \cdot P_B(t + 1), \quad (5)$$

где  $x, y$  – коэффициенты распределения прибыли  $P_B(t)$  на шаге  $t + 1$ .

Примем, что отношение объема  $V(t + 1)$  заготовок на шаге  $t + 1$  к объему  $V(t)$  заготовок на шаге  $t$  равно отношению затрат, которые пошли на заготовку леса на шаге  $t + 1$  к объему затрат, которые пошли на заготовку леса на шаге  $t$

$$\frac{V(t + 1)}{V(t)} = \frac{C_B(t) + x \cdot P_B(t + 1)}{C_B(t)}. \quad (6)$$

Примем также, что отношение стоимости  $\lambda(t + 1)$  продукции из 1 м<sup>3</sup> древесного сырья на шаге  $t + 1$  к стоимости продукции из 1 м<sup>3</sup> древесного сырья на шаге  $t$  равно отношению затрат, которые пошли на переработку заготовленного леса на шаге  $t + 1$  к объему затрат, которые пошли на переработку заготовленного леса на шаге  $t$ , т.е.

$$\frac{\lambda(t + 1)}{\lambda(t)} = \frac{C_B(t) + y \cdot P_B(t + 1)}{C_B(t)}. \quad (7)$$

Выразив из (4) значение  $P_B(t + 1)$  и подставив его в выражения (6, 7), после преобразований получим выражения для определения объема заготовок  $V(t + 1)$  и стоимости продукции  $\lambda(t + 1)$

$$V(t + 1) = \frac{C_B(t) + x \cdot [D_B(t + 1) - C_B(t)]}{C_B(t)} \cdot V(t), \quad (8)$$

$$\lambda(t + 1) = \frac{C_B(t) + y \cdot [D_B(t + 1) - C_B(t)]}{C_B(t)} \cdot \lambda(t). \quad (9)$$

Для расчета годовой выручки от реализации лесной продукции  $X(t + 1)$  к концу шага  $t$  запишем выражение (1) с учетом формул (3, 4, 8, 9)

$$X(t + 1) = [1 + x \cdot \eta_B(t + 1)] \times \\ \times V(t) \cdot [1 + y \cdot \eta_B(t + 1)] \cdot \lambda(t). \quad (10)$$

Установим, что увеличение затрат государства пропорционально увеличению объемов заготовки древесины, увеличение затрат предпринимателей и работников прямо пропорционально увеличению выручки от лесной продукции

$$C_G(t + 1) = \frac{V(t + 1)}{V(t)} \cdot C_G(t); \quad (11)$$

$$C_B(t+1) = \frac{X(t+1)}{X(t)} \cdot C_B(t);$$

$$C_R(t+1) = \frac{X(t+1)}{X(t)} \cdot C_R(t). \quad (12)$$

Предположим, что в течение всего периода достижения цели рентабельность предпринимателей и работников является фиксированной величиной

$$\eta_B(t) = \eta_B(t+1) = \eta_B = \text{const}, \eta_B \geq 0; \quad (13)$$

$$\eta_R(t) = \eta_R(t+1) = \eta_R = \text{const}, \eta_R \geq 0. \quad (14)$$

Таким образом, предполагается, что государство на каждом шаге по достижении цели изымает в свою пользу такую часть годовой выручки от реализации лесной продукции  $X$ , р., чтобы поддерживать указанные постоянные значения  $\eta_R$  и  $\eta_B$ . Каким образом оно этого достигает, не является предметом данной задачи (принимается, что возможности для изъятия указанной части годовой выручки имеются – через налоги, пошлины и другие платежи в бюджет). Поэтому рентабельность государства  $\eta_G$  становится функцией от  $X$ ,  $\eta_R$  и  $\eta_B$ , т.е. величиной переменной.

Основанием для подобного предположения служит:

1) государство является собственником лесных ресурсов, позволяющих при соединении с капиталом и рабочей силой получать лесную продукцию;

2) в единоличном распоряжении государства находятся все законные механизмы принуждения, в т. ч. силового.

Тогда доходы предпринимателей и работников к концу шага  $t$  будут

$$D_B(t+1) = [1 + \eta_B] \cdot C_B(t); \quad (15)$$

$$D_R(t+1) = [1 + \eta_R] \cdot C_R(t), \quad (16)$$

а доходы государства будут рассчитываться

$$D_G(t+1) = X(t+1) - D_B(t+1) - D_R(t+1). \quad (17)$$

Поскольку мы заранее не знаем, какая часть  $x \cdot P_B(t+1)$  прибыли предпринимателей, полученной к концу шага  $t$ , направляется на увеличение объема заготовок в начале шага  $t+1$ , а какая часть  $y \cdot P_B(t+1)$  – на увеличение стоимости продукции из 1 м<sup>3</sup> древесного сырья, предположим, что последовательно достигается увеличение объема заготовок до максимума (т. е.  $x = 1, y = 0$ ), а после этого –

увеличение стоимости продукции из 1 м<sup>3</sup> древесного сырья до максимума (т. е.  $x = 0, y = 1$ ).

Определим продолжительность периода  $T_1$ , лет увеличения объема заготовки  $V$  до максимума –  $V_{\max}$ .

Формула (8) с учетом выражений (3, 4) примет вид

$$V(t+1) = [1 + \eta_B] \cdot V(t). \quad (18)$$

При этом формула (11) будет иметь вид

$$X(t+1) = [1 + \eta_B] \cdot V(t) \cdot \lambda_0. \quad (19)$$

Таким образом, выражения для вычисления объема заготовок  $V(t=n)$  и выручки  $X(t=n)$  на шаге  $t=n$  могут быть записаны следующим образом

$$V(t=n) = [1 + \eta_B]^n \cdot V_0; \quad (20)$$

$$X(t=n) = [1 + \eta_B]^n \cdot V_0 \cdot \lambda_0. \quad (21)$$

Продолжительность периода  $T_1 = n$  увеличения объема заготовок до максимально возможного  $V_{\max}$  определим, прологарифмировав выражение (20)

$$T_1 = \frac{\lg\left(\frac{V_{\max}}{V_0}\right)}{\lg(1 + \eta_B)}. \quad (22)$$

Определим продолжительность периода  $T_2$ , лет увеличения стоимости продукции  $\lambda$  до максимума  $\lambda_{\max}$ .

Примем, что период  $T_2$  начинается сразу же по окончании периода  $T_1$ .

Формула (8) с учетом выражений (3, 4) может быть записана

$$\lambda(t+1) = [1 + \eta_B] \cdot \lambda(t). \quad (23)$$

При этом формула (10) принимает вид

$$X(t+1) = [1 + \eta_B] \cdot V_{\max} \cdot \lambda(t+1). \quad (24)$$

Таким образом, выражения (23, 24) для стоимости продукции  $\lambda(t=m)$  и выручки  $X(t=m)$  на шаге  $t=m$  могут быть записаны

$$\lambda(t=m) = [1 + \eta_B]^m \cdot \lambda_0; \quad (25)$$

$$X(t=m) = [1 + \eta_B]^m \cdot V_{\max} \cdot \lambda_0. \quad (26)$$

Продолжительность периода  $T_2 = m$  увеличения стоимости продукции до максимума  $\lambda(t=m) = \lambda_{\max}$  определим, прологарифмировав выражение (25)

$$T_2 = \frac{\lg\left(\frac{\lambda_{\max}}{\lambda_0}\right)}{\lg(1 + \eta_B)}. \quad (27)$$

Продолжительность периода  $T$  достижения нескольких показателей – увеличения годового объема заготовки до максимально допустимого  $V_{\max}$  и увеличения стоимости продукции, вырабатываемой из 1 м<sup>3</sup> древесного сырья до максимально возможной  $\lambda_{\max}$  – можно вычислить по формуле

$$T = T_1 + T_2. \quad (28)$$

Совместное решение выражений (22, 27 и 28) позволяет получить формулу для вычисления продолжительности периода  $T$ , лет

$$T = \frac{\lg\left(\frac{V_{\max}}{V_0} \cdot \frac{\lambda_{\max}}{\lambda_0}\right)}{\lg(1 + \eta_B)}. \quad (29)$$

Выражение для вычисления выручки  $X(t = T)$  на шаге  $t = T$

$$X(t = T) = [1 + \eta_B]^T \cdot V_0 \cdot \lambda_0. \quad (30)$$

Годовые затраты и доходы участников системы могут быть определены с помощью выражений (11–17).

Из выражения (29) видно, что продолжительность периода достижения цели прямо пропорциональна величине максимальных показателей и обратно пропорциональна величине рентабельности предпринимателей как единственного звена в системе, непосредственно производящего лесную продукцию.

Для нахождения величины  $\eta_B$ , при которой цель системы (достижение максимального использования лесных ресурсов) достигается к концу заранее оговоренного периода  $N$ , лет выразим ее из выражения (29)

$$\eta_B = \left(\frac{V_{\max}}{V_0} \cdot \frac{\lambda_{\max}}{\lambda_0}\right)^{\frac{1}{N}} - 1. \quad (31)$$

Определенный интерес для регулирования развития системы представляет также обоснование минимально возможной продолжительности периода достижения мак-

симальных показателей  $T_{\min}$  при условии сохранения начальной рентабельности доходов государства  $\eta_G$  и работников  $\eta_R$ :

$$T \rightarrow \min ; \eta_G(t) \geq \eta_G(0), \eta_R(t) \geq \eta_R(0). \quad (32)$$

Задача оптимизации (32) может быть легко решена с помощью метода сопряженных градиентов на современных ПЭВМ с табличным процессором Microsoft Excel.

Расчеты по формулам (11–17 и 29, 31, 32) для данных табл. 1 показали, что для достижения в Карелии  $V_{\max} = 14$  млн м<sup>3</sup> и  $\lambda_{\max} = 6400$  р. при условии доведения рентабельности затрат работников до положительного значения и сохранения рентабельности предпринимателей на уровне 13,5 % потребуется 14 лет. Минимально возможная продолжительность периода достижения цели при тех же исходных данных составляет 6 лет, при этом рентабельность предпринимателей должна быть увеличена до 33,4 %.

Ожидаемые годовые доходы и затраты участников лесных отношений Карелии в случае достижения максимального использования лесных ресурсов республики за 14 лет представлены в табл. 2.

Ежегодные затраты государства на ведение лесного хозяйства увеличатся в 2,22 раза, при этом доходы государства увеличатся в 5,69 раза, что соответствует росту рентабельности затрат на 161,46 %.

Таким образом, государству как собственнику лесных ресурсов выгодно увеличение стоимости продукции  $\lambda$ , получаемой из 1 м<sup>3</sup> древесного сырья, поскольку это позволяет получать дополнительный доход без увеличения собственных затрат. В случае выхода на предлагаемые максимальные показатели этот дополнительный доход составит около 7000 млн р. ежегодно при общем ожидаемом годовом доходе государства при выходе на максимальные показатели в лесопользовании 15990 млн р.

Т а б л и ц а 2

**Доходы и затраты участников лесных отношений РК**

Показатель	Участник лесных отношений		
	Государство	Предприниматели	Работники
Затраты, млн р.	201,9	49030	17980
Доходы, млн р.	15990	55630	17980
Рентабельность, %:	7819,76	13,47	0,00

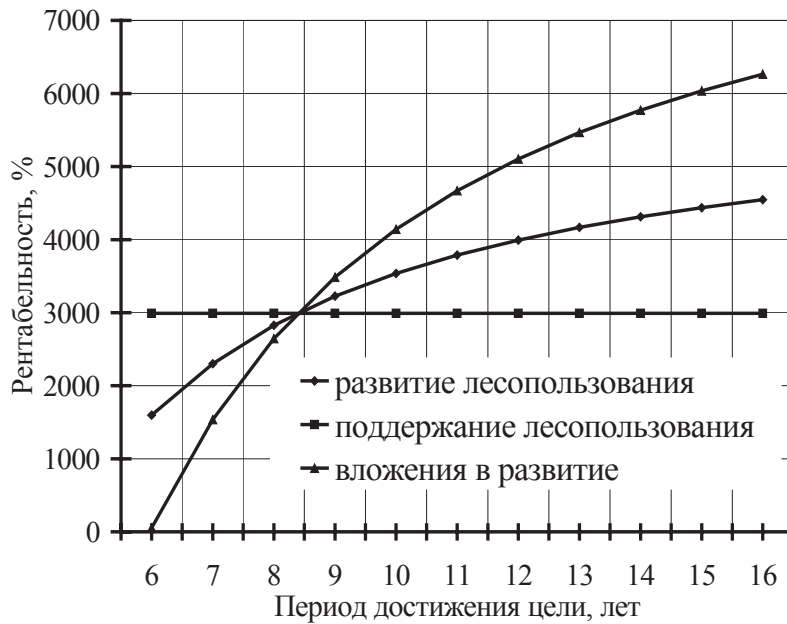


Рисунок. Зависимость рентабельности затрат государства от продолжительности периода достижения максимальных показателей

Суммарный объем выручки  $X^\Sigma$ , полученной за период достижения максимальных показателей, определим, проинтегрировав выражение (30)

$$X^\Sigma = V_0 \cdot \lambda_0 \cdot \int_0^T [1 + \eta_B]^t dt. \quad (32)$$

Затраты предпринимателей  $C_B^\Sigma$ , наемных работников  $C_R^\Sigma$  и государства  $C_G^\Sigma$ , понесенные за период  $T$ , определим, проинтегрировав выражения (11, 12)

$$\begin{aligned} C_G^\Sigma &= C_G(0) \cdot \int_0^n [1 + \eta_B]^t dt + \frac{V_{\max}}{V_0} \cdot C_G(0) \cdot [T - n]; \\ C_B^\Sigma &= C_B(0) \cdot \int_0^T [1 + \eta_B]^t dt; \\ C_R^\Sigma &= C_R(0) \cdot \int_0^T [1 + \eta_B]^t dt, \end{aligned} \quad (33)$$

где  $n$  – продолжительность периода достижения объема заготовки  $V_{\max}$  лет; минимальная продолжительность этого периода определяется по формуле (29)

$$n = \frac{\lg\left(\frac{V_{\max}}{V_0}\right)}{\lg(1 + \eta_B)}. \quad (34)$$

Доходы предпринимателей  $D_B^\Sigma$ , наемных работников  $D_R^\Sigma$  и государства  $D_G^\Sigma$ , полученные за период  $T$ , определим, используя выражения (15–17):

$$\begin{aligned} D_B^\Sigma &= [1 + \eta_B] \cdot C_B^\Sigma; D_R^\Sigma = [1 + \eta_R] \cdot C_R^\Sigma; \\ D_G^\Sigma &= X^\Sigma - D_B^\Sigma - D_R^\Sigma. \end{aligned} \quad (35)$$

Задача определения минимально возможной продолжительности периода достижения максимальных показателей  $T_{\min}^*$  при условии сохранения ежегодной рентабельности затрат государства  $\eta_G^A$  и ежегодной рентабельности дополнительных вложений государства  $\eta_G^I$  в развитие лесопользования до максимальных показателей на достигнутом уровне (2991 %) будет

$$T^* \rightarrow \min; \eta_G^A \geq \eta_G(0), \eta_G^I \geq \eta_G(0). \quad (36)$$

Результаты расчетов рентабельности затрат государства в зависимости от продолжительности периода достижения максимальных показателей (14 млн м<sup>3</sup>/г., 6400 р./м<sup>3</sup>) по формулам (32, 33–36) представлены на рисунке.

Из рисунка видно, что для поддержания средней ежегодной рентабельности затрат государства  $\eta_G^A$  на ведение лесного хозяйства в период развития лесного комплекса и средней ежегодной рентабельности дополнительных вложений государства в развитие лесного хозяйства  $\eta_G^I$  на уровне не ниже существующего (2991 %) необходимо, чтобы длительность периода достижения максимальных показателей превышала 8,4 года. Расчеты показывают, что для достижения максимальных

показателей за 8,4 года рентабельность затрат предпринимателей должна поддерживаться на уровне 23,1 %.

В заключение следует отметить, что эффективность государственного управления лесным комплексом региона может оцениваться по величине рентабельности затрат всех трех участников лесопользования – государства, предпринимателей и наемных работников.

Поддержание величины рентабельности предпринимателей  $\eta_B$  на требуемом для государственных целей уровне должно стать основным показателем эффективности регулирования развития лесопользования в регионе.

Методика оценки эффективности государственного управления на основе рентабельности затрат участников может быть адаптирована к любому уровню функционирования отрасли общественного производства, основанной на добыче и переработке природных ресурсов – на уровне федерации, региона, административного образования.

#### Библиографический список

1. Беляков, А. Лес рубят. Куда деньги летят? / А. Беляков // Лесная газета. – 2003. – 20.V.
2. Трутнев, Ю. Никогда не ощущаю себя в лесу «диким» городским человеком / Ю. Трутнев // Лесная газета. – 18.09.2004.
3. Оценка ситуации и анализ состояния лесного комплекса Республики Карелия: отчет о НИР (заключ.). / Ин-т экономики КарНЦ РАН; рук. А. И. Шишкин. – Петрозаводск, 2003. – 51 с.
4. Тайга: Модельный лес: Экономическая устойчивость и подходящая технология: отчет о НИР (заключ.) / ПетрГУ; рук. А.М. Цыпук. – № ГР 01.0.400002417 от 19.01.2004. – Петрозаводск, 2003. – 72 с.
5. Маркс К. Избранные произведения: в 3 т. / К. Маркс, Ф. Энгельс. – М.: Политиздат, 1986. – Т 1. – 635 с.
6. Пирс П.Х. Введение в лесную экономику / П.Х. Пирс. – М.: Экология, 1992. – 224 с.
7. Научное обоснование идеологии управления лесным комплексом Республики Карелия / Д.Б. Зуев, А.М. Цыпук, А.В. Родионов, А.И. Шишкин // Целлюлоза. Бумага. Картон. – 2004. – № 8. – С. 46–51.
8. Родионов, А.В. Государственное регулирование экономических отношений в лесном комплексе / А.В. Родионов, А.М. Цыпук; Ин-т экономики КарНЦ РАН. – Петрозаводск, 2004. – 23 с. – Деп. в ВИНТИ 03.06.2004, № 937-B2004.
9. Родин, С.А. Научные основы устойчивого управления лесами России / С.А. Родин // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – Вып. 169. – СПб.: СПбГЛТА, 2003. – С. 64–80.
10. Управление лесами в переходной экономике (опыт реформ в России и странах Балтии): учеб. пособие / А.П. Петров, А. Мелниш, А. Талиярв и др.; под общ. ред. А.П. Петрова. – М.: Изд-во «Техно-Лайт», 2001. – 160 с.
11. Лесной комплекс Республики Карелия в 1998–2002 гг.: сб. стат. / Госкомстат РК. Петрозаводск, 2003. 63 с.
12. Катанандов, С.Л. О положении в республике, выполнении государственных программ, осуществлении внутренней политики и внешних связей Республики Карелия (итоги 2002 г.) // Администрация Главы РК. – Петрозаводск, 2003. – 125 с.

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ МОДЕЛЕЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАРКЕТИНГОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

А.Н. САМОЛДИН, доц., зав. каф. стратегического маркетинга МГУЛ, канд. техн. наук

Планирование, реализация и оценка эффективности маркетинговой деятельности возможны только на основе конкретной информации.

Система маркетинговой информации – постоянно действующая система взаимосвязи моделей, оборудования и методических приемов, предназначенная для сбора, классификации, анализа, оценки и распространения актуальной, современной и точной информации для использования ее распорядителями

сферы маркетинга с целью совершенствования планирования, претворения в жизнь и контроля за исполнением маркетинговых мероприятий [1].

По основным элементам, составляющим маркетинговую среду, за которыми управляющий по маркетингу ведет постоянное наблюдение, информацию собирают и анализируют с помощью четырех вспомогательных систем, которые в совокупности своей и составляют систему маркетинговой информации:

– система внутренней отчетности, где регистрируется и хранится внутренняя маркетинговая информация;

– система сбора текущей внешней маркетинговой информации, где регистрируется и хранится информация о событиях, происходящих в конкретной среде;

– система маркетинговых исследований, где определяется круг данных, необходимых в связи со стоящей перед фирмой маркетинговой ситуацией; их сбор, анализ и отчет о результатах;

– система анализа маркетинговой информации, где находится набор современных методов анализа маркетинговых данных и проблем маркетинга.

Поток информации, поступающий к управляющим по маркетингу, помогает им в проведении анализа, планировании, претворении в жизнь и контроля за исполнением маркетинговых мероприятий.

Обратный поток в сторону рынка состоит из принятых управляющими решений и прочих коммуникаций.

Из перечисленных выше четырех составляющих системы маркетинговой информации первые три фиксируют и хранят информацию, а четвертая составляющая является инструментом для анализа и обработки данных. Основу любой системы анализа мар-

кетинговой информации составляют статистический банк и банк моделей (рис. 1).

Статистический банк представляет собой совокупность современных методик статистической обработки информации, позволяющих наиболее полно вскрыть взаимозависимости в рамках подборки данных и установить степень их статистической надежности.

Второй составляющей системы анализа маркетинговой информации является банк моделей.

Банк моделей – набор математических моделей, способствующих принятию оптимальных маркетинговых решений деятелями рынка [2]. Каждая модель состоит из совокупности взаимосвязанных переменных, представляющих некую реально существующую систему, некий реально существующий процесс или результат.

Модель (в широком смысле) – это набор переменных и их взаимосвязей, разработанных для представления какой-либо реальной системы или процесса на основе теории моделирования [3]. Проведем классификацию моделей, которые могут быть использованы в системе анализа маркетинговой информации (рис. 2, 3).

Другие авторы, не придерживаясь столь точных характеристик, дают более общее определение моделей: любое описание того, как факторы связаны между собой, может быть названо теорией или моделью.



Рис. 1. Система анализа маркетинговой информации

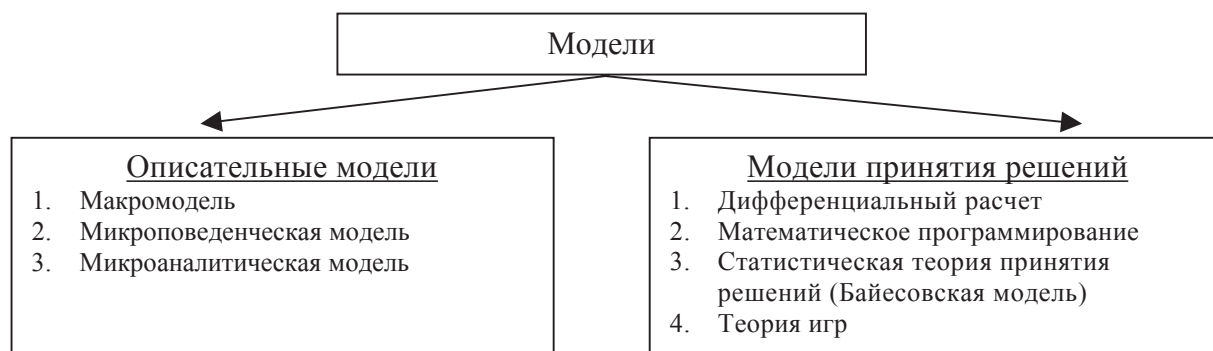


Рис. 2. Классификация моделей по назначению

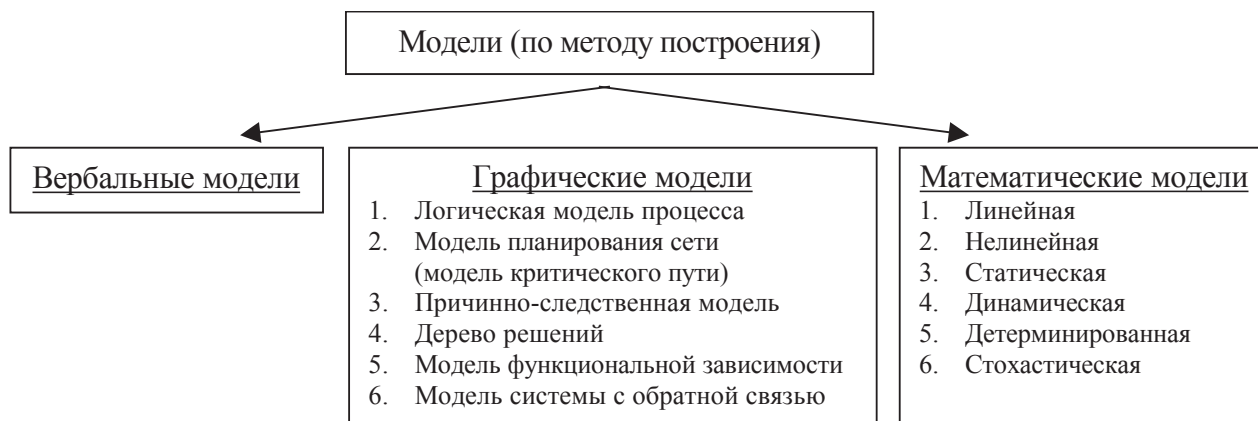


Рис. 3. Классификация моделей по используемому в модели методу

Эти термины – синонимы, хотя экономисты обозначают словом «теория» более общие высказывания об экономических зависимостях; термин «модель» чаще имеет отношение к частным зависимостям, особенно к тем, которые представлены в графической или математической форме. Экономистам нужны теории и модели, потому что факты сами по себе не дают целостной картины.

Иногда математические модели, которые применяются в предметных областях науки, делят на две большие группы: регистрирующие и функциональные.

При построении моделей первой группы исследователь заранее определяет изучаемый объект как «черный ящик», все его внимание обращено на изучение «входов» и «выходов» этого ящика, т.е. на результаты реакции объекта при разного рода воздействиях. Использование регистрирующих моделей в маркетинге получило широкое распространение, т.к. при нормальном функционировании рынка сведения о ценах, объемах продаж и их

тенденциях являются важным инструментом организации производства и сбыта продукции; очень часто результаты наблюдения за объектом (например, сведения о ценах и объемах продаж) имеют статистический характер, и для их обработки используется аппарат математической статистики и теории вероятностей. К этой же группе можно отнести математические модели обработки экспертных оценок.

В противоположность к регистрирующим (внешним по отношению к объему) моделям ко второй группе мы отнесем попытки имитации функционирования объектов, отражающиеся на определенных представлениях о внутренней структуре, взаимосвязях частей и объекта в целом с внешней средой.

При разработке и исследовании математических моделей, предназначенных для анализа явлений, необходимо построить некоторую исходную систему представлений о сущности этих явлений и взаимосвязях отдельных их сторон. Разработка и формализация непро-

тиворечивой системы исходных определений и допущений является нетривиальной задачей, особенно при изучении явлений общественной жизни (экономические явления и процессы относятся именно к этой группе объектов).

В частности, кардинальным моментом описания производственно-экономических явлений выступает степень использования стоимостных параметров. Подавляющая часть литературы по вопросам математико-экономического моделирования базируется на применении только стоимостных характеристик и критериев. Обосновывается это объективными свойствами современных экономических систем и, в частности, универсальной ролью денежных средств, выступающих на рынке в качестве эквивалента.

Хотя следует заметить, что при анализе экономических объектов в условиях развитых товарно-денежных отношений стоимостное определение явлений не может быть исчерпывающим. Как только мы соприкасаемся с необходимостью учета фактора времени, гуманитарных или экономических факторов производства, обращение к натурально-вещественному измерению и вводу в модели соответствующих параметров становится неизбежным, поэтому в целом автору представляется правомерным смешанное описание экономических явлений, при котором стоимостные параметры используются наряду с натурально-вещественными и с той мерой условности, которая отвечает действительному влиянию исключительно экономических факторов.

Большое число объектов, попадающих в поле зрения при функциональном моделировании, делает весьма актуальным вопрос о рациональном выборе степени обобщения описаний. Строго говоря, любая математическая модель представляет собой некоторое обобщенное описание исходного объекта. Однако на практике выбирать целесообразный способ описания объектов непросто, недаром многие исследователи называют этот аспект моделирования искусством.

При построении любой многофакторной модели перед исследователем, по образ-

ному выражению американского математика Р. Беллмана, возникают две опасности: «болото переусложнения и западня переупрощения». Опасность первого рода обусловлена наличием большого числа факторов, оказывающих влияние на результаты мероприятия. Ограниченность же информации, выражающаяся в отсутствии больших динамических рядов, толкает исследователя в западню переупрощения – к значительному сокращению числа факторов, включаемых в модель.

Также число факторов, входящих в создаваемую модель, зависит и от требуемой степени точности модели. Таким образом, в зависимости от требований, предъявляемых к создаваемой модели, мы можем создать простую, удобную для практического использования, не требующую большого объема исходной информации модель; недостатками такой модели будет являться: довольно приблизительный результат; использование такой модели, возможно, в ограниченном числе случаев, когда не наблюдается сильного влияния неучтенных факторов.

Такая модель дает представление о явлении (объекте) и о тенденции его развития (изменения).

Самой простой моделью является модель, созданная на основе изучения связи между двумя факторами.

Например, если требуется построить модель зависимости спроса на определенный товар или группу товаров от цены. И для создателя модели, и для маркетолога, который будет ею пользоваться, удобнее иметь дело с простой моделью, не требующей много исходной информации. Поэтому разработчик на основе эмпирических данных, пользуясь методом регрессивного анализа, создает двухфакторную модель зависимости спроса от цены

$$d = f(P),$$

где  $d$  – спрос на исследуемый товар;

$P$  – цена товара.

Применение данной модели в маркетинговом анализе ограничено; так, она не учитывает другие факторы:

– уровень покупательской способности,



- сезонность потребления,
- частота рекламы,
- место продаж,
- прочие маркетинговые усилия.

Такая модель дает представление о том, насколько чутко реагирует спрос на изменение цены, тенденции изменения спроса в зависимости от изменения цены. Также эта модель может использоваться при условии, что все остальные факторы меняться не будут (в основном для построения графиков в маркетинговом анализе), что маловероятно в реальных условиях рынка.

С другой стороны, можно заняться построением глобальных экономико-математических моделей с учетом общих законов формирования спроса. Как правило, в этом случае будет использоваться множество факторов, выводится довольно сложная взаимосвязь между этими факторами. В этом случае исследователь испытывает ряд трудностей еще на этапе разработки данной модели. Во-первых, здесь необходимы знания не только из области экономики и статистических методов обработки информации, но и специальные знания из области математики. Во-вторых, чтобы проследить, как изменялись изучаемые факторы на протяжении определенного периода, как они влияли на результирующий признак, необходимо построение динамических рядов; учитывая тот факт, что маркетинг сравнительно недавно используется в практической работе на отечественных предприятиях, сбором рыночной информации, рыночными исследованиями стали серьезно заниматься только в последнее время, то тут разработчик модели столкнется с ограниченностью информации, выражающейся в отсутствии больших динамических рядов. И, в третьих, на создание такой модели потребуется некоторое время, а ситуация на рынке меняется довольно быстро, и может случиться так, что изменятся факторы, влияющие на результирующий признак, изменится характер связи между функцией и аргументом (если модель статическая).

Несмотря на перечисленные выше трудности создания глобальных многофактор-

ных экономико-математических моделей, их создают и используют в маркетинговых исследованиях преимущественно в научном анализе. В практическом маркетинге такие модели мало распространены, прежде всего это связано с необходимостью постулирования некоторых общих условий (о виде производственной функции, об индивидуальных предпочтениях участников рынка и т.п.), а также необходимостью большого объема исходной информации.

Несомненно, такие модели имеют ряд преимуществ:

- они максимально точно описывают исследуемый процесс или явление;
- дают результат с высокой степенью точности;
- можно использовать достаточно длительное время (особенно если модель динамическая);
- изменяя факторы, входящие в модель, исследователь в соответствии с существующими тенденциями на рынке может спрогнозировать интересующий его показатель или уловить тенденцию изменения данного показателя;
- такие модели, как правило, универсальны (иногда такие модели можно применять в маркетинговом анализе разных видов товаров для предприятий, занимающихся разными видами деятельности, и т.п.).

Описанные выше два вида составления экономико-математических моделей являются крайними случаями. На практике, создавая модель, выбирают количество факторов и степень сложности модели, исходя из конкретных требований, предъявляемых к модели. Зафиксируем некоторые основные моменты этого выбора:

- соответствие сложности моделей целям их построения;
- требование соответствия критериев;
- принципиальная возможность получения исходной информации;
- принципиальная возможность интерпретации выходных данных.

Для определения наиболее важных, приоритетных целей при планировании мар-

кетинговой деятельности используют метод построения дерева целей. Дерево целей – графическая модель принятия решений, включающая цели, задачи, мероприятия нескольких уровней структуризации, а также связи между ними (включения и/или подчиненности). Как правило, для реализации всех выдвигаемых целей ресурсов не хватает, поэтому существует необходимость выделения из общей совокупности целей наиболее важных, приоритетных. Дерево целей дает возможность детализировать общие цели, задачи и мероприятия на составляющие и оценить наиболее важные, предпочтительные из них, что является очень полезным при разработке планов маркетинга и конкретно маркетинговых мероприятий.

Как уже говорилось выше, совокупность мероприятий, планируемых на определенный период, находится в программе действий, которая является разделом плана маркетинга. Также в программе действий указаны все моменты, касающиеся проведения маркетинговых ме-

роприятий. Программу действий, содержащую перечень маркетинговых мероприятий, должны реализовывать маркетинговые и другие службы предприятия для достижения целей плана маркетинга. Под целями маркетинга подразумеваются показатели и качественные характеристики, определяющие содержание маркетинговой деятельности предприятия для конкретного интервала времени. Цели маркетинга излагаются в соответствующем разделе плана маркетинга и касаются таких показателей, как прибыль, объем продаж и доля рынка. Иногда в данном разделе плана фиксируются и другие, также ключевые проблемы, возникающие в результате постановки тех или иных целей. Например, если ставится цель достичь 15 % показателя доли рынка при существующей доле, равной только 10 %, то ключевая проблема – возможности увеличения данного показателя. Кроме того, цели устанавливаются для отдельных направлений маркетинговой деятельности. Для этого строят дерево целей (рис. 4).

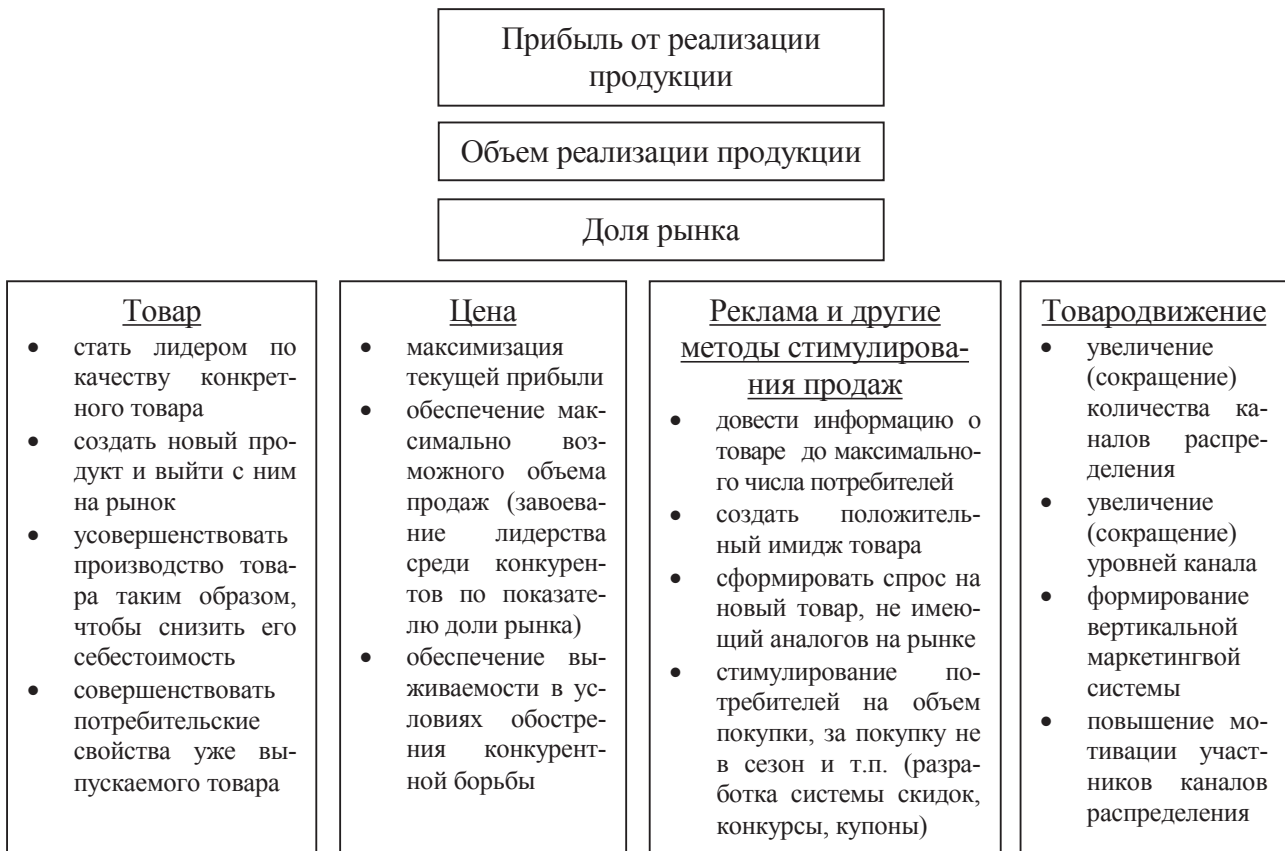


Рис. 4. Дерево целей маркетинга и целей маркетинговых мероприятий

На рис. 4 автор предлагает свою схему взаимосвязи между целями маркетинга и целями маркетинговых мероприятий. В данной схеме изображен минимальный перечень целей маркетинговых мероприятий по четырем традиционным (основным) составляющим комплекса маркетинга.

Как видно из рис. 4, направленность и природа целей маркетинговых мероприятий различна. Отсюда следует, что и критерии, выражающие результат (эффект) от каждого конкретного мероприятия, будут различны. С одной стороны, конечно, удобно оценить эффективность конкретного маркетингового мероприятия по степени достижения его конкретной цели. Главным недостатком такого подхода является его ограниченность, т.е. исследователь или специалист по маркетингу не имеет представления о том, как повлияло каждое конкретное мероприятие в целом на результат деятельности всего предприятия, что в условиях реальной деятельности предприятий необходимо.

Отсюда возникает проблема выбора критерия, по которому может оцениваться результат любого маркетингового мероприятия, в принципе, таким критерием может быть любой из трех критериев, выражающих компетентно цели маркетинга (рис. 4): прибыль от реализации, объем реализации продукции, доля предприятия на рынке. Изложим следующие моменты, касающиеся выбора критерия, через который можно будет выразить эффект от реализации мероприятия. Во-первых, как уже было сказано выше, эффективность в создаваемой модели будет определяться соотношением между эффектом от маркетингового мероприятия и затратами на данное мероприятие. Так как затраты выражаются

в стоимостной форме, то, по мнению автора, целесообразно и эффект выразить в стоимостной форме. Это положение автор принимает именно для данной модели, которая изложена в настоящей работе. В других случаях необязательно выражение эффекта в стоимостной форме. Принимая во внимание вышесказанное, мы имеем два критерия для оценки эффекта от маркетингового мероприятия: прибыль от реализации продукции и объем реализации продукции. Так как цель маркетинга заключается в наиболее полном удовлетворении потребностей покупателей, а уровень удовлетворения потребностей характеризуют такие показатели коммерческой деятельности, как прибыль и объем реализации продукции, то выбираем в качестве критерия оценки эффекта от маркетинговой деятельности прибыль от реализации продукции. Таким образом, можно считать, что у каждого маркетингового мероприятия есть две цели: конкретная цель разрабатываемого мероприятия, зависящая от природы, сферы действия этого мероприятия; у разных мероприятий она различна (рис. 4), и существует конечная цель, которая одинакова для всех маркетинговых мероприятий, – это получение (или увеличение) прибыли от реализации продукции.

#### Библиографический список

1. Академия рынка. Маркетинг: пер. с франц. – М.: Экономика, 2004.
2. Котлер, Ф. Основы маркетинга / Ф. Котлер; пер. с англ.; под общ. ред. и вступ. ст. Е.М. Пеньковой. – М.: МБК-Пресс, 2003.
3. Сытник, В.Ф. Математические модели в планировании и управлении предприятием / В.Ф. Сытник. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003.
4. Питере, Т. В поисках эффективного управления / Т. Питере, Р. Уотермен. – М.: МБК-Пресс, 2004.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВНЕШНИХ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ САЙТА

К.П. ШЕРЕМЕТЬЕВ, доц. каф. автоматизации и управления МГУЛ, канд. техн. наук,  
А.Г. ЦАРЕВ, асп. факультета ЭСТ МГУЛ

**И**нтернет предоставляет большие возможности по сбору и анализу статистических данных сайта. Сбор и анализ статистической информации является неотъемлемой частью стратегии развития сайта и позволяет проводить полноценные исследования рынка покупателей, дает оценку коммерческим действиям и таким образом дает возможность планировать бизнес и претворять в жизнь наиболее удачные решения [5].

### Постановка задачи

Целью данной статьи является исследование возможности использования статистических данных поисковых систем для персонализации сайта.

### Средства сбора статистических данных

В сети Интернет статистика приобретает статус основного исследовательского инструмента [5].

Существует три общепринятых способа сбора статистических данных.

*Внешний счетчик* (ВС). Представляет собой специальный скрипт, который загружается у пользователя одновременно с загрузкой странички веб-сайта и передает на сервер статистики информацию об этой загрузке [5]. Услуги пользования внешними счетчиками предоставляют такие статистические сервисы, как Spylog, TopMail, Hotlog и т.д. Большинство внешних счетчиков распространяется на бесплатной основе.

*Программа – анализатор лог-файлов* (ЛА). Программы, которые по специальным алгоритмам обрабатывают лог-файл – файл сервера, в котором фиксируются все действия посетителей. ЛА распространяются на платной основе. Наиболее популярные из них – это Webtrends, Analog, Netpromouter.

*Внутренний счетчик*. Представляет собой скрипт, который сохраняет сведения о загрузке страницы в отдельный файл или соб-

ственную базу данных сайта. Недостатки внутренних систем зависят от квалификации разработчиков и выделенными на нее средствами. По сравнению с ВС и ЛА внутренние счетчики имеют ряд неоспоримых преимуществ:

- 1) конфиденциальность собранных статистических данных;
- 2) практически неограниченное время хранения собранных данных;
- 3) возможность защиты от полной потери собранных данных;
- 4) возможность учета полной информации о просмотренной странице;
- 5) возможность применения полученных статистических данных при персонализации сайта.

Разработанная авторами система персонализации сайта [www.aldera.ru](http://www.aldera.ru) [3] основана на внутреннем счетчике. Посредством этого счетчика осуществляется сбор следующих данных:

- 1) IP – адрес посетителя;
- 2) идентификатор сеанса;
- 3) URL-адрес предыдущей страницы (реферер);
- 4) наименование площадки, с которой осуществлялся переход на страницу; площадка (ПП) – это специальное место на странице сайта, которое отведено под ссылки: прайс товаров, рекламные площадки, персонализированные рекламные площадки;
- 5) тип содержимого просмотренной страницы: новость, описание товара, статья;
- 6) заголовок просмотренной страницы (товара, статьи, новости);
- 7) дата и время перехода на страницу;
- 8) количество показов страницы в момент перехода;
- 9) количество переходов на страницу в момент перехода;
- 10) количество показов страницы в момент обращения к статистической информации;

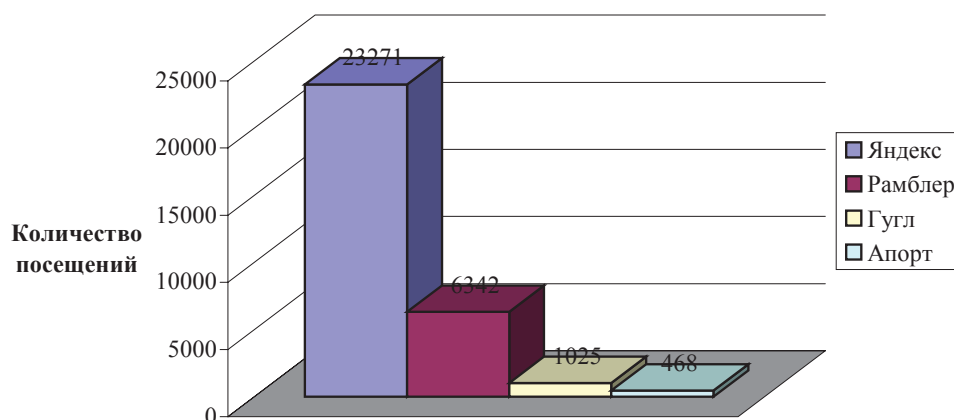


Рис. 1. Посещаемость сайта www.aldera.ru из поисковых систем с 24.03.2005 по 27.01.2006

1) программное обеспечение, которое использовал посетитель при просмотре страницы.

Эти данные используются для анализа поведения пользователя на сайте.

**Метод персонализации, основанный на внешней статистике**

Существующие программные продукты в области персонализации используют статистику, собранную и локализованную посредством только своих собственных средств. Такой подход не позволяют учесть общую модель поведения пользователей в Интернете. Для построения такой модели необходимо использовать внешние источники. Так как основная часть посетителей большинства сайтов приходит при помощи поисковых систем (ПС) [1], именно они являются наиболее важными источниками. Для использования данных ПС предлагается:

- 1) выбрать ПС, данные которой будут использованы;
- 2) выявить список соответствующих запросу товаров (ССЗТ) из поискового запроса посетителя;
- 3) определить рыночную заинтересованность товаров ( $R$ );
  - 3.1) определить спрос на товары из ССЗТ;
  - 3.2) определить количество конкурирующих сайтов;
  - 3.3) рассчитать рыночную заинтересованность товаров по формуле

$$R = S/N_k,$$

где  $S$  – спрос на товар;

$N_k$  – количество конкурирующих сайтов по товару;

4) рекомендовать товары из ССЗТ, ранжированные по убыванию рыночной заинтересованности.

После перехода на интересующий товар алгоритм рекомендации не изменяется за исключением второго пункта: для выявления ССЗТ вместо поискового запроса будет использоваться наименование текущего товара.

**Выбор используемой поисковой системы**

Для выбора ПС рассмотрим статистику сайта www.aldera.ru:

Из рис. 1 видно, что посещения с Яндекса являются наиболее частыми. Поэтому под внешним источником статистических данных будем понимать поисковую систему Яндекс.

**Выявление искомых товаров из поискового запроса**

Посещение из поисковой системы несет в себе формализованный пользователем поисковый запрос (ПЗ). Посредством сравнения ПЗ с представленными на сайте товарами предлагается определить список искомых товаров.

Алгоритм определения списка искомых товаров.

1. Выделяем ПЗ из реферера.
2. Сравниваем каждое слово из ПЗ, кроме общеупотребительных и стоп-слов, со словами из наименования товаров. Просматриваемый товар в сравнении не участвует.

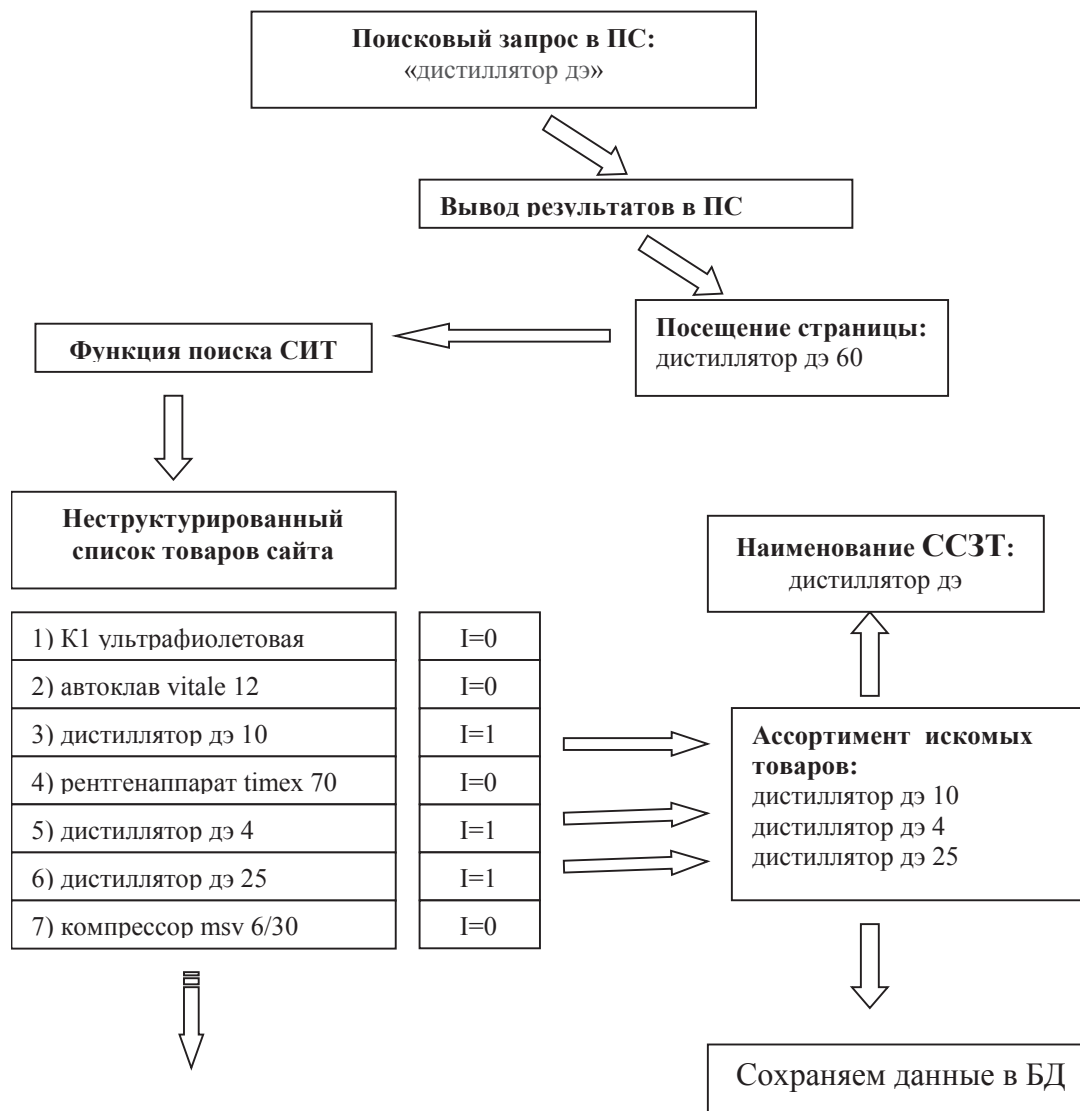


Рис. 2. Схема определения списка искомых товаров

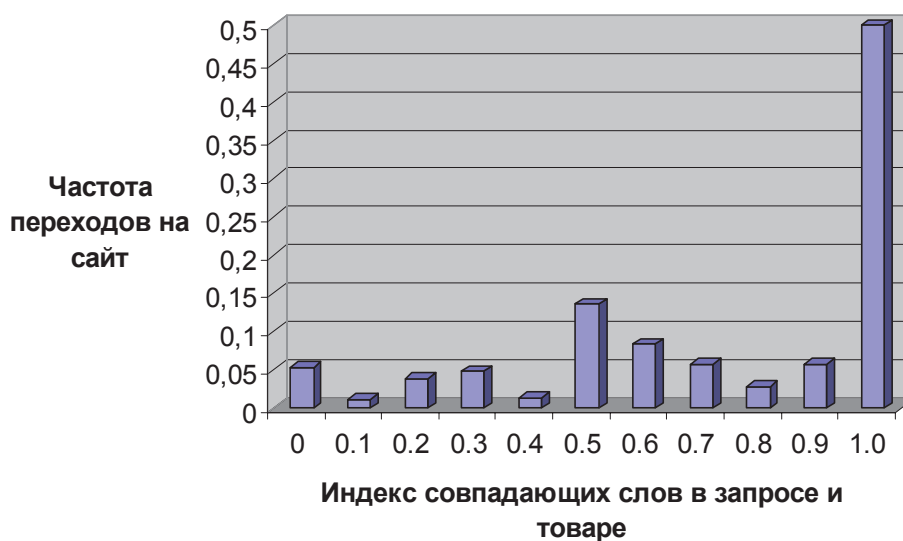


Рис. 3. Гистограмма частоты переходов на сайт в зависимости от количества совпадающих слов в запросе с наименованием товара (данные с 27.10.2005 по 27.01.2006)

4. Для каждого товара рассчитывается индекс совпадающих слов ( $I$ )

$$I = Ez/Ni,$$

где  $Ez$  – количество слов в запросе, которые совпадают с наименованием товара;

$Ni$  – количество слов в запросе.

5. Товары, у которых Индекс совпадающих слов максимален, заносятся в ССЗТ.

6. Совокупность совпадающих слов принимается за название ССЗТ.

Необходимость использования предложенного метода подтверждается обработкой статистических данных.

Из рис. 3 видно, что пик переходов на сайт достигается при полном вхождении запроса в наименование товара. Поэтому предлагается сузить список предлагаемых товаров до товаров, наиболее схожих с запросом.

### Определение рыночной заинтересованности предлагаемых товаров

Для определения рыночной заинтересованности на товары необходимо определить их спрос и количество конкурентов. Спрос на товар определяется количеством запросов к ПС Яндекс, а количество конкурентов – количеством сайтов, которые предлагают товар.

Поисковая система Яндекс посредством сервиса «Яндекс.Директ» отображает количество запросов по словам и фразам.

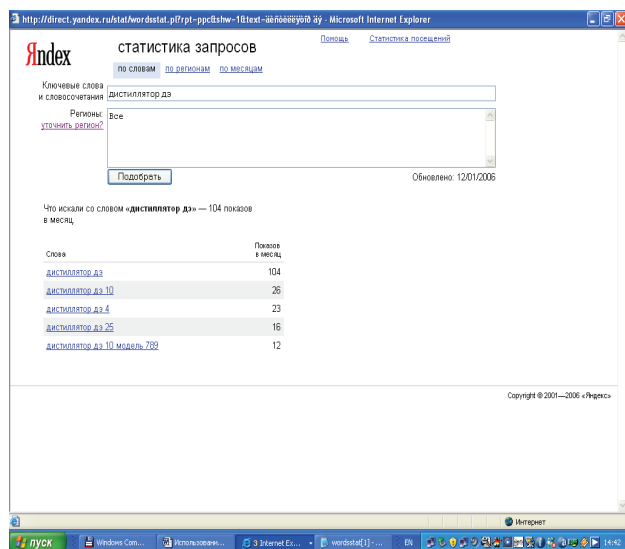


Рис. 4. Страница «Яндекс.Директ» с запросом «дистиллятор дэ»

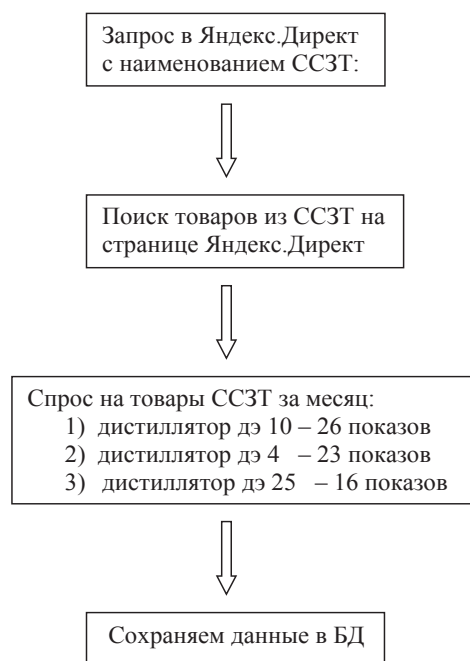


Рис. 5. Схема определения спроса на предлагаемые товары

Таким образом, определение спроса на товары сводится к загрузке их наименования ССЗТ в сервис «Яндекс.Директ» и обработке загруженной страницы.

Алгоритм определения спроса на товары из ССЗТ:

1. Загружаем страницу «Яндекс.Директ» с наименованием ССЗТ.
2. В загруженной странице ищем строки с наименованием товаров из ССЗТ.
3. Определяем количество запросов каждого товара.

4. Сохраняем данные в базе данных (БД).

Таким образом получаем спрос на предлагаемые товары. На величину спроса влияют такие факторы, как знание посетителя о модельном ряде искомого товара, его популярность в близком посетителю обществе и т.д., поэтому нулевое значение спроса в «Яндекс.Директ» не означает отсутствие необходимости в данном товаре. Если у всех товаров из ССЗТ значение спроса равно нулю, то для последующей сортировки приравниваем спрос одной второй.

В результате поискового запроса посетителю выдаются страницы с ссылками, заголовками и аннотациями найденных документов. Однако наибольший интерес представляет первая страница результатов.

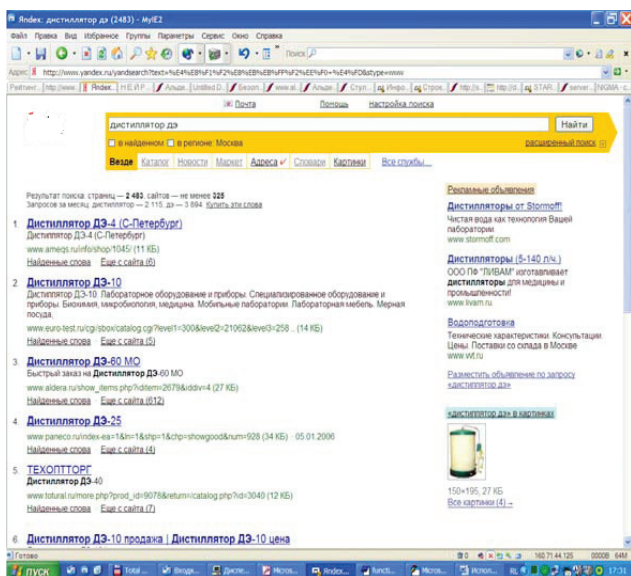


Рис. 6. Страница ПС Яндекс с результатами запроса «дистиллятор дэ»

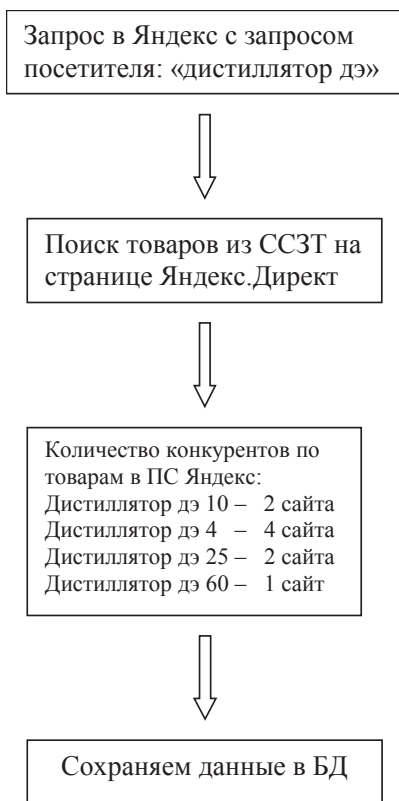


Рис. 7. Схема определения количества конкурентов на товары из ССЗТ

По данным исследовательской компании CyberAtlas, на вторую страницу переходит лишь 24 % посетителей [8]. Поэтому определять количество конкурентов будем по первой странице результатов ПЗ.

Алгоритм определения количества конкурентов на товары из ССЗТ.

1. Загружаем страницу «Яндекс» с ПЗ.
2. В загруженной странице ищем строки с наименованием товаров из ССЗТ.
3. Определяем количество сайтов для каждого товара.
4. Сохраняем данные в БД.

После того как определены спрос и количество конкурентов, определяется рыночная заинтересованность на товары. Высокий спрос и небольшое количество конкурентов повышают вероятность благоприятного для владельца сайта, посещения страницы с описанием товара. Поэтому предлагается рекомендовать товары в порядке убывания рыночной заинтересованности.

### Выводы

Приведенный в статье метод позволяет учесть общую модель поведения пользователей в Интернете.

На основании полученных данных подтверждается возможность использования статистических данных внешних источников при персонализации сайта, а также необходимость осуществления дальнейших исследований по данному направлению.

### Библиографический список

1. Робин Ноблес Эффективный Web-сайт: учеб. пособие / Робин Ноблес, Керри-Лэй Греди.. – М.: Изд-во ТРИУМФ, 2004, 560с.
2. Шереметьев, К.П. Система персонализации данных для сайтов электронной коммерции / К.П. Шереметьев, А.Г. Царев // Вестн. Моск. гос. ун-та леса – Лесной вестник. – 2005. – №6(42). – С. 172–175.
3. Царев А.Г. «Интернет-магазин для стоматолога. Медицинский алфавит» // Медицинский алфавит. Стоматология. – 2005 – № 3(46). – С. 16-17.
4. Комплексный метод оценки эффективности Интернет-рекламы в коммерческих организациях. www.dis.ru 01/12/2002.
5. Место статистики в онлайн-продвижении URL: http://www.startpromo.ru/ modules/ sections/ index.php?op=viewarticle&artid=50 16/12/2005
6. Программа Site Statistics – объективная Интернет-статистика URL: http://netpromoter.ru/ bulkpromoter/ 16/12/2005
7. Статистика web-сайта, подходы и выбор. URL: http://www.codenet.ru/webmast/html/stat.php 22/12/2005
8. Зачем Вашему корпоративному сайту высокий рейтинг в поисковых системах? URL: http://www.marketlist.ru/why.php 21/01/2006.



## ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ ГРАФОВ, ВЛОЖИМЫХ В $n$ -КУБ И ОПИСАНИЕ СТРОЕНИЯ БУЛЕВЫХ ТОРОВ

А.Н. БОГАТИКОВ, *науч. сотр. лаборатории ТВП, Москва*

**В** настоящее время теория графов является сложившейся математической дисциплиной, занимающей видное и во многом ведущее место в дискретной математике. Теория графов имеет обширное применение на практике: в частности, с ее помощью выполняются задачи управления производством и проектирования сетей ЭВМ, разработки современных электронных модулей и проектирования физических систем с сосредоточенными параметрами, решения проблем генетики и проблем автоматизации проектирования. Теория графов является основой математического обеспечения современных систем обработки информации.

В настоящей работе будут рассматриваться графы, обладающие специфической особенностью – все они вкладываются в  $n$ -куб. Такие графы получили название булевых графов, они находят свое применение в задании булевых функций, являющихся важным криптографическим объектом, а также при синтезе дискретных автоматов. Булев граф, задающий булеву функцию, является графом связности единичных вершин, т.е. тех вершин  $n$ -куба, в которых функция принимает значение «единица».

### 1. Булевы графы

Теоретический и прикладной интерес представляет задача изучения свойств булевых графов и, в первую очередь, проверки принадлежности графов этому классу. Опубликовано определенное число работ, посвященных проблематике булевых графов, основная часть из них посвящена вложениям графов ([1,3]). Выделим две из них: статью В.Г. Никонова «Пороговые представления булевых функций», а именно §1 «Булевы графы и функции», и раздел монографии В.А. Горбатова «Фундаментальные основы дискретной математики» – §3.6 «Вложение графов». В результате проведенных авторами независимых исследований проблематики булевых

графов образовалось два различных подхода к изучению этой проблемы.

Прежде чем перейти к представлению результатов работы [1], введем следующие определения.

#### Определение 1.1

Граф  $G = (V, E)$  является  $n$ -кубом (гиперкубом) тогда и только тогда, когда существует взаимнооднозначное отображение  $\tau$  его вершин во множество вершин  $n$ -мерного единичного куба:  $\tau: V \rightarrow V^n$ ,  $V^n = \{(x_1, \dots, x_n) \mid x_i \in \{0, 1\}\}$  такое, что пара его вершин  $v_1, v_2 \in V$  соединяется ребром, если  $\|\tau(v_1) \oplus \tau(v_2)\| = 1$ , где  $\oplus$  – операция покомпонентного сложения векторов по mod 2.

#### Определение 1.2

Пусть  $G = (V, E)$  –  $n$ -куб, тогда  $G_1 = (V_1, E_1)$  есть подграф  $G$ , или булев граф, если  $V_1 \subset V$  и  $(v_1, v_2) \in E_1$ , когда  $v_1, v_2 \in V_1$  и  $(v_1, v_2) \in E$ .

#### Определение 1.3

Если  $E = \{e_1, \dots, e_k\}$  – множество ребер некоторого графа  $G = (V, E)$ , то упорядоченный набор различных цветов (переменных)  $x_1, \dots, x_k$ , поставленный в соответствие ребрам из  $E$ , называется свободной раскраской графа  $G = (V, E)$ , а сам граф – свободно раскрашенным.

#### Определение 1.4

Граф называется раскрашенным, если он является свободно раскрашенным или получен из своего свободно раскрашенного графа путем отождествления некоторых цветов (переменных) [ $x_i = x_j$ ].

#### Теорема 1.5 (В.Г. Никонов [1])

Граф  $G = (V, E)$  является булевым графом тогда и только тогда, когда для него существует такая раскраска, что:

- 1) если в графе  $G = (V, E)$  существует цикл, то на цикле каждый цвет встречается четное число раз;
- 2) не существует вершины, инцидентной двум ребрам одного цвета;

3) если  $\eta(v_1, v_2)$  – количество нечетное число раз встречающихся цветов на пути из вершины  $v_1$  в вершину  $v_2$ , то  $\eta(v_1, v_2) = 1$  тогда и только тогда, когда  $v_1, v_2$  – соседние вершины.

Следующие определения помогут сформулировать иной подход к характеристике булевых графов.

**Определение 1.6**

Разделяющим множеством связного графа  $G$  называется такое множество его ребер, удаление которых из  $G$  делает его несвязным.

**Определение 1.7**

Разрезом называется такое разделяющее множество, которое не имеет собственного подмножества, являющегося разделяющим множеством.

**Определение 1.8**

Множество ребер  $E$  называется пустым реберным подграфом, если любые два ребра из  $E$  не имеют общей вершины, и при добавлении хотя бы одного ребра, не принадлежащего  $E$ , найдется хотя бы одно ребро, имеющее с ним общую вершину.

**Определение 1.9**

Разрез называется паросочетательным, если его ребра образуют пустой реберный подграф.

**Теорема 1.10 (В.А. Горбатов [3])**

Граф  $G$  является булевым графом тогда и только тогда, когда множество реберных подграфов включает все паросочетательные разрезы этого графа.

Теорема 1.5 построена с использованием терминов раскраски графа, все условия легко проверяемы, что позволяет построить легкий алгоритм вложения графа в  $n$ -куб. Теорема 1.10 базируется на основе использования термина паросочетательного разреза графа; построенный на основе теоремы алгоритм имеет большую трудоемкость. Использование различных разделов теории графов не позволяет на первый взгляд увидеть связь между этими критериями. В настоящей работе будет доказана их эквивалентность, для этого описаны все паросочетательные разрезы  $n$ -куба.

**Утверждение 1.11**

Граф  $G = (V, E) \quad |V| = n, \quad |E| = m$  является связным, если выполняются условия:

- а) Граф  $G$  – неориентированный, без петель и кратных ребер;
- б) В  $G$  нет циклов нечетной длины;
- в)  $m \geq \left(\frac{n-1}{2}\right)^2$ .

*Доказательство.* Доказательство проведем методом от противного. Построим несвязный граф, для которого выполняются условия (а) и (б) утверждения и проверим условие (в). Двудольный граф  $G_1 = (V_1, E_1)$ , состоящий из двух компонент связности, при этом одна является отдельной вершиной, а вторая  $K_{n-k, k-1}$ . Таким образом,  $G_1$  удовлетворяет условиям (а) и (б). Очевидно, что другого несвязного двудольного графа, число ребер которого превышает  $|E_1| = (n-k)(k-1)$ , не существует. Неравенство

$$\left(\frac{n-1}{2}\right)^2 \geq (n-k)(k-1)$$

выполняется для любых натуральных  $n$  и  $k$ , и поэтому получаем противоречие с условием (в).

**Утверждение 1.12**

Множество  $E = \{E^1, \dots, E^n\}$ , где  $E^i = \{(v_1, v_2) \mid \tau(v_1) \oplus \tau(v_2) = (\alpha_1, \dots, \alpha_n), \alpha_i = 1, \alpha_j = 0, i \neq j\} (i \in 1, n)$ , образует множество всех паросочетательных разрезов  $n$ -куба.

*Доказательство.* Покажем, что  $E^i$  – это разрез  $n$ -куба. Удалим из  $n$ -куба множество ребер  $E^i$  и проверим условия утверждения 1.11. Полученный подграф окажется несвязным, а это означает, что  $E^i$  – разделяющее множество. Удалим из  $n$ -куба множество ребер  $E^i \setminus \{e_s\}$ , где  $e_s$  – произвольное ребро из  $E^i$ , и, проверив условия утверждения 1.11, убеждаемся, что граф связан, т.е.  $E^i$  – это разрез. Любые два ребра из  $E^i$  не имеют общей вершины и  $|E^i| = 2^{n-1}$ , таким образом,  $E^i$  покрывает все вершины  $n$ -куба, следовательно,  $E^i$  – пустой реберный подграф  $n$ -куба. Остается заметить, что  $E$  содержит все ребра  $n$ -куба

$$\left(E^i \bigcap_{i \neq j} E^j = \emptyset, \bigcup_{i=1}^n E^i = E \text{ и } |E| = n2^{n-1}\right),$$

и, следовательно, других паросочетательных разрезов нет.

**Теорема 1.13**

Условия теоремы 1.5 и теоремы 1.10 эквивалентны.

*Доказательство.* Пусть  $G = (V, E)$  –  $n$ -куб. Сопоставим ребрам  $G$  свободную раскраску, удовлетворяющую условиям теоремы 1.5:

$$E^i = \{(v_1, v_2) \mid \tau(v_1) \oplus \tau(v_2) = \alpha : \alpha_i = 1, \forall i \neq j \\ \alpha_j = 0\} \quad i \in \{1, \dots, n\},$$

при этом

$$E^i \cap E^j = \emptyset, \quad \bigcup_{i=1}^n E^i = E.$$

Каждое множество ребер  $E^i$ , согласно утверждению 1.12, образует паросочетательный разрез  $G$ . Непосредственной проверкой убеждаемся в выполнении условий для любого подграфа  $G$ .

Для доказательства утверждения в обратную сторону построим множество паросочетательных разрезов  $G$ , раскрашивая каждое из них так, что каждому паросочетательному разрезу отождествляются различные краски. Такая раскраска удовлетворяет условию теоремы 1.5, в чем для любого подграфа  $G$  убеждаемся непосредственной проверкой.

Из доказательства теоремы 1.13, очевидно, следует, что раскраска и паросочетательные разрезы в  $n$ -кубе строятся одинаково, а также что для любого подграфа  $n$ -куба возможно построить раскраску, образующую множество всех паросочетательных разрезов этого подграфа.

Наряду с задачей поиска классов булевых графов представляет интерес проблема

выявления классов графов, не вкладывающихся в  $n$ -куб. На пути решения этой задачи можно отметить, что теорема 1.5 показывает, что только двудольные графы могут обладать способностью вкладываться в гиперкуб.

**Утверждение 1.14**

Любой полный двудольный граф  $K_{n,m}$  при  $n \geq 2$  и  $m \geq 3$  не вкладывается в  $n$ -куб.

*Доказательство.* Действительно, любой такой граф содержит своим подграфом  $K_{2,3}$ , не вкладывающийся в  $n$ -куб.

**Определение 1.15**

Суграфом графа  $G = (X, E)$  называется граф  $G' = (X, E')$ , где  $E' \subset E$ .

**Определение 1.16**

Граф называется критическим, если он не вложим в  $n$ -куб, и все его суграфы вкладываются в  $n$ -куб.

Представленные на рис. 1 критические графы имеют общее свойство – любой их цикл имеет четную длину, т.е. все они двудольные. Кроме того, их объединяет такое свойство, что они не содержат в качестве своего подграфа  $K_{2,3}$ .

В  $k$ -значной логике сохраняются многие свойства и результаты, относящиеся к булевой логике, однако имеются и принципиальные отличия. Аналогом булевой функции в  $k$ -значной логике является  $k$ -значная функция: так же, как и булеву функцию, ее можно задать с помощью графов. Аналогом  $n$ -куба является  $n$ -мерная  $k$ -значная решетка.

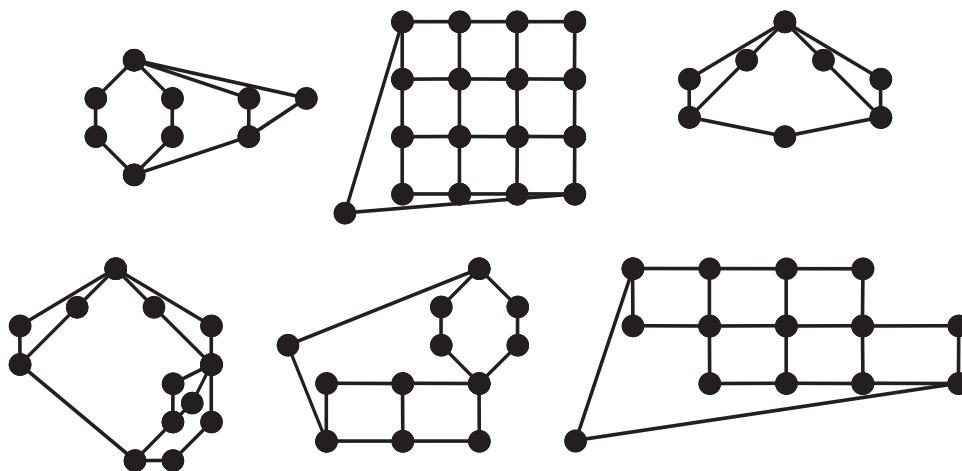


Рис. 1

**Определение 1.17**

Граф  $G = (V, E)$  называется  $n$ -мерной  $k$ -значной решеткой тогда и только тогда, когда существует взаимнооднозначное отображение  $\tau$  его вершин во множество вершин:  $\tau: V \rightarrow V_n^k, V_n^k = \{(x_1, \dots, x_k) \mid x_i \in (0, 1, \dots, k-1)\}$  и пара его вершин  $v_1$  и  $v_2$  соединяется ребром, если существует  $i \in \overline{1, n}$  такое, что для любого  $j \neq i \alpha_j = \beta_j$  и  $|\alpha_i - \beta_i| = 1$ , где  $\tau(v_1) = \alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)$  и  $\tau(v_2) = \beta = (\beta_1, \dots, \beta_n)$ .

**Определение 1.18**

Пусть граф  $G = (V, E)$  –  $n$ -мерная  $k$ -значная решетка, тогда  $G_1 = (V_1, E_1)$  есть подграф  $G$ , если  $V_1 \subset V$  и  $(v_1, v_2) \in E_1$ , когда  $v_1, v_2 \in V_1$  и  $(v_1, v_2) \in E$ .

Сравнивая строение  $n$ -куба и  $n$ -мерной  $k$ -значной решетки, можно убедиться, что  $n$ -куб в нее вкладывается. Однако верно и обратное утверждение.

**Утверждение 1.19**

Если граф  $G = (V, E)$  является  $n$ -мерной  $k$ -значной решеткой, то он вложим в гиперкуб.

*Доказательство.* Так как  $n$ -мерная  $k$ -значная решетка является прямым произведением булевых графов (определение 2.2), то она сама является булевым графом.

Таким образом, на графы, вкладываемые в  $k$ -значную решетку, распространяются те же условия критериев вложения, что и для гиперкубов.

**2. Булевы торы**

Опишем и исследуем интересный и важный класс булевых графов, обобщающий понятие тора. Из определения тора будет видно, что каждая вершина графа лежит на цикле, а уже при степени вершины  $d \geq 4$  через любую вершину проходит не менее двух циклов, имеющих единственную общую вершину. Такое строение тора позволяет смоделировать на нем некоторые вычислительные алгоритмы.

**Определение 2.1**

Булев граф  $G' = (X, E_0)$  назовем булевым тором, если он регулярен.

Простейшими примерами булевых торов являются: единственная вершина, при  $d = 0$ ; ребро, при  $d = 1$  (рис. 2 а); цикл чет-

ной длины, при  $d = 2$  (рис. 2 б); пояс, при  $d = 3$  (рис. 2 в). Также булевым тором является гиперкуб (трехмерный куб – рис. 2 г).

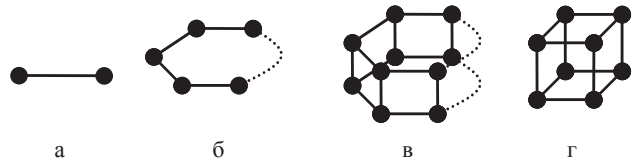


Рис. 2

Как известно, существует рекурсивное определение  $n$ -куба как прямое произведение  $K_2$  (полный граф на двух вершинах). Однако следующая теорема показывает, что любой булев тор может быть представлен в виде прямого произведения.

**Определение 2.2**

Прямым произведением графов  $G_1 = (X_1, E_1)$  и  $G_2 = (X_2, E_2)$  называется граф  $G = (X, E)$ , если

$$X = X_1 \times X_2 \text{ и } E = \left\{ ((x_1, x_2), (x'_1, x'_2)) \mid \begin{array}{l} \text{если } x_1 = x'_1, \text{ то } (x_2, x'_2) \in E_2 \\ \text{если } x_2 = x'_2, \text{ то } (x_1, x'_1) \in E_1 \end{array} \right\}.$$

**Определение 2.3**

Булевы торы  $G_1$  и  $G_2$  назовем изоморфными, если существует взаимнооднозначное соответствие между множествами вершин этих торов, сохраняющее отношение связности.

**Теорема 2.4**

Булев граф  $G = (X, E)$  является булевым тором тогда и только тогда, когда  $G$  представляется в виде прямого произведения вида

$$G = (\mu_1)^{k_1} \times \dots \times (\mu_n)^{k_n} \times (K_2)^t, \quad (1)$$

где  $\mu_i$  – цикл четной длины, больше либо равной шести  $(k_1, \dots, k_n, t, n \in \mathbb{N}_0)$ .

*Доказательство.* Пусть  $G$  – булев тор, докажем, что  $G'$  представляется в виде прямого произведения (1).

При  $d = 0, d = 1, d = 2$  и  $d = 3$  справедливость утверждения очевидна. Предположим, что утверждение доказано для  $d < k$ , докажем для  $d = k$ . Пусть все вершины графа  $G$  имеют степень  $k$ . Найдем в графе  $G$  множество ребер  $E_0$  такое, что при его удалении граф распадается на  $m \geq 2$  изоморфных подграфов, у которых степени всех вершин совпадают,

множество  $E_0$  выберем минимально возможным. Очевидно, что такое множество ребер  $E_0$  существует. Пусть  $G' = (X, E_0)$ . Легко понять, что  $G'$  не содержит цепей длины больше либо равной двум. Действительно, если  $G'$  содержит цепи длины большей либо равной двум, тогда при удалении  $G'$  у начальной и конечной вершины цепи степени уменьшатся на единицу, а у остальных на два.

Рассмотрим случаи, которые могут возникнуть при удалении  $G'$ .

Если  $m = 2$  и  $G'$  не содержит циклов. Тогда  $G'$  состоит только из ребер, соединяющих два его изоморфных подграфа, значит,  $G'$  – паросочетательный разрез графа  $G$ . Отсюда следует, что граф  $G$  имеет представление (1).

Если  $m = 2$  и  $G'$  содержит хотя бы один цикл и хотя бы одно ребро. Тогда при удалении цикла степень вершин, принадлежащих циклу, уменьшается на два, а при удалении ребер на единицу – противоречие с выбором  $E_0$ .

Если  $m = 2$  и  $G'$  состоит только из циклов. Легко понять, что  $G'$  состоит из циклов длины четыре – противоречие с минимальностью выбора  $E_0$ .

Если  $m = 2n$  и  $G'$  не содержит циклов. Тогда  $G'$  состоит из цепей длины больше либо равной двум. Противоречие –  $G'$  не содержит цепи длины больше либо равной двум.

Если  $m = 2n$  и  $G'$  содержит хотя бы один цикл. Тогда при удалении цикла степень вершин, принадлежащих циклу, уменьшается на два, а при удалении ребер на единицу – противоречие с выбором  $E_0$ .

Если  $m = 2n$  и  $G'$  состоит из циклов одинаковой длины. Если длина циклов меньше  $2n$  тогда в  $G'$  существует, по крайней мере, два цикла, имеющих общую вершину, значит, при удалении этих циклов степень их общей вершины уменьшится на четыре, а остальных на два – противоречие с выбором  $E_0$ . Если длины всех циклов равны  $2n$ , тогда очевидно, что граф  $G$  имеет представление (1).

Если  $m = 2n$  и  $G'$  содержит циклы различной длины (меньше либо равной  $2n$ ). Тогда в  $G'$  существует, по крайней мере, два

цикла, имеющих общую вершину, значит, при удалении этих циклов степень их общей вершины уменьшится на четыре, а остальных на два – противоречие с выбором  $E_0$ .

Если  $m = 3$  и  $G'$  не содержит циклов. Тогда  $G$  состоит из цепей длины больше либо равной двум. Противоречие –  $G'$  не содержит цепи длины больше либо равной двум.

Если  $m = 3$  и  $G'$  содержит цикл. Тогда легко понять, что это цикл длины три. Тогда  $G$  не булев граф – противоречие.

Если  $m = 2n + 1$  и  $G'$  не содержит циклов. Тогда  $G'$  состоит из цепей длины больше либо равной двум. Противоречие –  $G'$  не содержит цепи длины больше либо равной двум.

Если  $m = 2n + 1$  и  $G'$  содержит хотя бы один цикл. Тогда при удалении цикла степень вершин, принадлежащих циклу, уменьшается на два, а при удалении ребер на единицу – противоречие с выбором  $E_0$ .

Если  $G'$  состоит из циклов. Если длина циклов меньше  $2n + 1$ , тогда в  $G'$  существует, по крайней мере, два цикла, имеющих общую вершину, значит, при удалении этих циклов степень их общей вершины уменьшится на четыре, а остальных на два – противоречие с выбором  $G'$ . Если длины всех циклов равны  $2n + 1$ , тогда граф  $G$  не булев – противоречие.

Таким образом, граф  $G$  представляется в виде прямого произведения (1).

Пусть  $G = (\mu_1)^{k_1} \times \dots \times (\mu_n)^{k_n} \times (K_2)^t$ , докажем, что  $G$  – булев тор. Так как любое прямое произведение счетного числа булевых графов является булевым графом, то  $G$  – булев граф. Из определения прямого произведения, очевидно, следует, что  $G$  – регулярен.

### Следствие 2.5

Класс булевых торов замкнут относительно операции прямого произведения графов.

Пользуясь теоремой 2.4, легко построить формулы, позволяющие находить мощности множества вершин и мощности множества ребер

### Утверждение 2.6

Пусть  $G = (X, E) = (\mu_1)^{k_1} \times \dots \times (\mu_n)^{k_n} \times (K_2)^t$  – булев тор.

Тогда  $|X| = 2^t l_1^{k_1} l_2^{k_2} \dots l_n^{k_n}$ ,

$$|E| = 2^t l_1^{k_1} l_2^{k_2} \dots l_n^{k_n} \left( \frac{t}{2} + k_1 + \dots + k_n \right),$$

где  $l_i$  длина цикла  $\mu_i$ ,  $i \in \{1, n\}$ .

Кроме того, для любого  $x \in X$   $d_G(x) = 2(k_1 + \dots + k_n) + t$ .

*Доказательство.* Так как  $G = (\mu_1)^{k_1} \times \dots \times (\mu_n)^{k_n} \times (K_2)^t$ , то число вершин  $G$  равняется числу векторов  $(x_1, \dots, x_{l_1 k_1 + \dots + l_n k_n + t})$ , где вершина  $x_i$ ,  $i \in \{1, l_1 k_1 + l_n k_n + 1, l_1 k_1 + l_n k_n + t\}$  принадлежит одному из циклов, входящих в прямое произведение, а  $x_i$ , где  $i \in \{l_1 k_1 + l_n k_n + 1, l_1 k_1 + l_n k_n + t\}$  принадлежит одному из  $K_2$ , входящих в прямое произведение. Число таких векторов, очевидно, равно  $2^t l_1^{k_1} l_2^{k_2} \dots l_n^{k_n}$ . Степень каждой вершины  $G$ , очевидно, равна сумме степеней вершин, образующих эту вершину в исходных графах, таким образом, каждая вершина имеет степень  $d_G(x) = 2(k_1 + \dots + k_n) + t$ . Как известно  $2|E| = \sum_{x \in X} d_G(x)$ , значит,

$$\begin{aligned} |E| &= \frac{1}{2} \sum_{x \in X} d_G(x) = \frac{1}{2} |X| d_G(x) = \\ &= 2^t l_1^{k_1} \dots l_n^{k_n} \left( \frac{t}{2} + k_1 + \dots + k_n \right). \end{aligned}$$

Исследуя класс булевых торов, можно выделить некоторые его подклассы, отличающиеся конструктивно.

Первым таким классом является класс  $n$ -кубов. Он, как известно, замкнут относительно операции прямого произведения графов. Гиперкубы получаются как прямое произведение  $K_2$ .

Вторым классом можно выделить булевы торы, полученные прямым произведением исключительно циклов. Легко убедиться, что этот класс торов замкнут относительно операции прямого произведения. Второй класс не пересекается с классом  $n$ -кубов.

Легко видеть, что у всех таких торов степени вершин четные. Структура тора в этом случае определяется набором циклов, входящих в представление (1). На рис. 3 приведен пример тора, полученного прямым произведением двух циклов длины шесть.

К третьему классу булевых торов отнесем все оставшиеся торы. Заметим, что любой булев тор из третьего класса получается

прямым произведением торов из первых двух классов. На рис. 4 приведен пример булева тора, полученного прямым произведением двухмерного куба и цикла длины шесть.

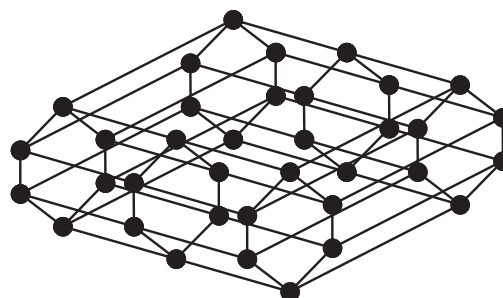


Рис. 3. ( $G_1 = \mu_1 \times \mu_2$ , где  $|\mu_1| = 6$ ,  $|\mu_2| = 6$ )

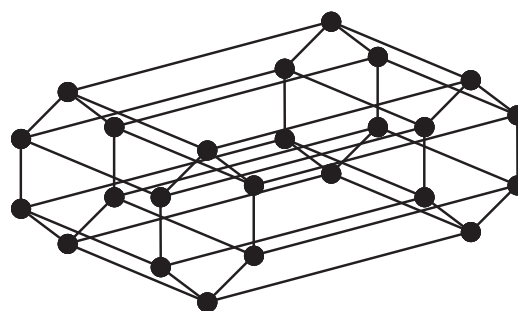


Рис. 4. ( $G_2 = \mu'_1 \times (K_2)^2$ , где  $|\mu'_1| = 6$ )

Булев тор, описанный только такими параметрами, как степень вершины и мощность множества вершин, задается неоднозначно. Можно привести пример двух различных булевых торов, обладающих одинаковыми параметрами (рис. 5 и 6). Степень любой вершины этих торов равна четырем, а мощность множества вершин девяносто шесть. Таким образом, необходимо ввести характеристики, которые позволят однозначно задавать булев тор.

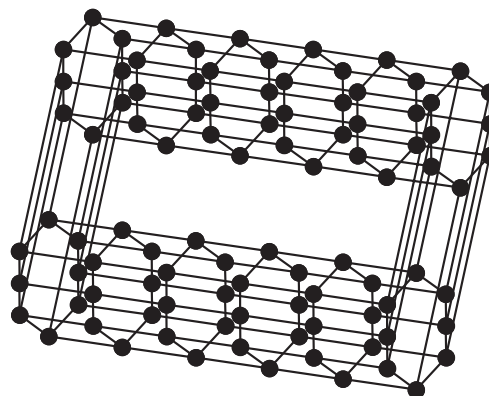


Рис. 5. ( $G_3 = \mu_1 \times \mu_2$ , где  $|\mu_1| = 12$ ,  $|\mu_2| = 8$ )

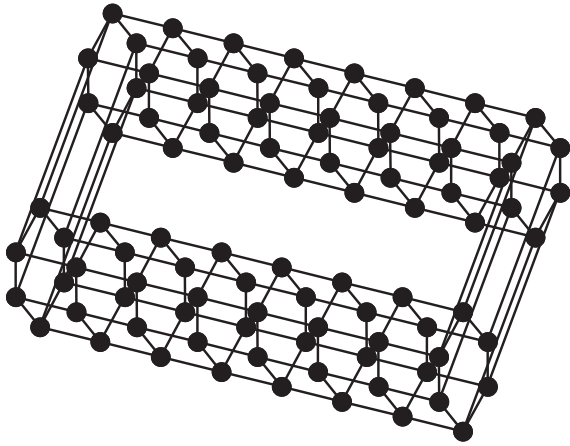


Рис. 6. ( $G_3 = \mu'_1 \times \mu'_2$ , где  $|\mu'_1| = 16$ ,  $|\mu'_2| = 6$ )

Следующая характеристика в совокупности с параметрами  $p$  (степень вершины) и  $l$  (число вершин) позволяет определить булев тор однозначно.

**Определение 2.7**

Диаметром графа  $G = (X, E)$  называется величина

$$D(G) = \max_{v, u \in X} d(v, u),$$

где  $d(v, u)$  – длина кратчайшей цепи между вершинами  $v$  и  $u$ .

**Утверждение 2.8**

Пусть  $G = (\mu_1)^{k_1} \times \dots \times (\mu_n)^{k_n} \times (K_2)^t$  – булев тор, тогда его диаметр равен

$$D(G) = t + \left(\frac{l_1}{2}\right)k_1 + \dots + \left(\frac{l_n}{2}\right)k_n,$$

где  $l_i$  длина цикла  $\mu_i$ ,  $i \in \overline{1, n}$ .

*Доказательство.* В каждом цикле и  $K_2$ , входящих в прямое произведение (1), зафиксируем по одной вершине. Пометим все вершины числом, равным расстоянию от зафиксированной вершины. Тогда задача нахождения диаметра равносильна задаче нахождению вектора  $\gamma$  с наибольшим весом из множества векторов

$$\left\{ (m_1, \dots, m_{l_1 k_1 + \dots + l_n k_n + t}) \mid m_1 \in \overline{0, \frac{l_1}{2}}, \dots, m_{l_1 k_1 + \dots + l_n k_n} \in \overline{0, \frac{l_n}{2}}, m_{l_1 k_1 + \dots + l_n k_n + 1} \in \overline{0, 1}, \dots, m_{l_1 k_1 + \dots + l_n k_n + t} \in \overline{0, 1} \right\},$$

где  $m_i$  – пометки вершин в циклах и  $K_2$ .

Очевидно, что вектор, имеющий наибольший вес, – это

$$\left( \frac{l_1}{2}, \dots, \frac{l_1}{2}, \frac{l_2}{2}, \dots, \frac{l_n}{2}, 1, \dots, 1 \right).$$

Его вес равен  $t + \left(\frac{l_1}{2}\right)k_1 + \dots + \left(\frac{l_n}{2}\right)k_n$ .

**Утверждение 2.9**

Пусть  $G = (X, E)$  – булев тор, диаметр которого равен  $D(G)$ , степень вершин  $p$ , мощность множества вершин  $l$ . Тогда  $G$  задан однозначно с точностью до изоморфизма.

*Доказательство.* Предположим противное, что существует булев тор  $G'$ , имеющий такие же параметры. Составим систему уравнений

$$\begin{cases} 2^{s_1} l_1^{k_1} l_2^{k_2} \dots l_n^{k_n} = 2^{s_2} l_{n+1}^{k_{n+1}} \dots l_z^{k_z} \\ s_1 + 2(k_1 + \dots + k_n) = s_2 + 2(k_{n+1} + \dots + k_z) \\ s_1 + \left(\frac{l_1}{2}\right)k_1 + \dots + \left(\frac{l_n}{2}\right)k_n = \\ = s_2 + \left(\frac{l_{n+1}}{2}\right)k_{n+1} + \dots + \left(\frac{l_z}{2}\right)k_z \end{cases}$$

Упростим эту систему.

$$\begin{cases} 2^s l_1^{k'_1} \dots l_m^{k'_m} = l'_{m+1}{}^{k'_{m+1}} \dots l'_t{}^{k'_t} \\ s + 2(k'_1 + \dots + k'_m) = 2(k'_{m+1} + \dots + k'_t) \\ s + \left(\frac{l'_1}{2}\right)k'_1 + \dots + \left(\frac{l'_m}{2}\right)k'_m = \left(\frac{l'_{m+1}}{2}\right)k'_{m+1} + \dots + \left(\frac{l'_t}{2}\right)k'_t \end{cases}$$

В этой системе все  $l_i$ ,  $i \in \overline{1, t}$  попарно различны. Далее логарифмируя первое равенство и перенося все в левую часть, получаем

$$\begin{cases} s + k'_1 \log_2 l'_1 + \dots + k'_m \log_2 l'_m - \\ - k'_{m+1} \log_2 l'_{m+1} - \dots - k'_t \log_2 l'_t = 0 \\ s + 2(k'_1 + \dots + k'_m - k'_{m+1} - \dots - k'_t) = 0 \\ s + \left(\frac{l'_1}{2}\right)k'_1 + \dots + \left(\frac{l'_m}{2}\right)k'_m - \\ - \left(\frac{l'_{m+1}}{2}\right)k'_{m+1} - \dots - \left(\frac{l'_t}{2}\right)k'_t = 0 \end{cases}$$

Решая эту систему однородных уравнений методом Гаусса относительно переменных  $s, k_1, \dots, k_n$  получаем, что она не имеет решений, которые удовлетворяют условиям  $l_i$ ,  $i \in \overline{1, t}$  попарно различные больше либо равные шести и  $s \geq 0$ . Таким образом, получаем противоречие с нашим предположением.

**Следствие 2.10**

Булевы торы  $G_1$  и  $G_2$  изоморфны тогда и только тогда, когда представление (1) этих торов совпадает.

Булев тор является булевым графом, значит, существует такое  $n$ , при котором он вкладывается в  $n$ -куб. Как известно,  $n$ -куб вкладывается в  $k$ -значную решетку, значит, и булев тор также в нее вкладывается. При определении параметров вложения булева тора в  $n$ -куб большую роль играет нахождение минимального числа  $m$ , при котором цикл  $\mu$  вкладывается в  $m$ -куб. Далее мы оценим это число.

Пусть граф  $M_j$  состоит из двух цепей длины  $j$ , тогда очевидно, что при  $j \in \{2, 4\}$  он вкладывается в пятимерный куб. Опишем способ вложения цикла длины  $2k$  ( $k \geq 7$ ) в гиперкуб. Эта задача эквивалентна задаче вложения графа  $M_{k-2}$  таким образом, что соответствующие вершины цепей находились по метрике Хэмминга на расстоянии два. На рис. 7, 8 и 9 показано, каким образом вкладываются в пятимерный куб  $M_4, M_3$  и  $M_2$ .

Вложение будем строить, последовательно вкладывая  $M_4, M_2, M_3$  и  $M_2$  (в указанном порядке) до тех пор, пока не останется  $m \leq 4$  вершин, тогда вложим  $M_{m/2-1}$ . Таким образом, остается вложить две вершины, так что первая из них находится по метрике Хэмминга на расстоянии единица от начал цепей, а вторая от концов.

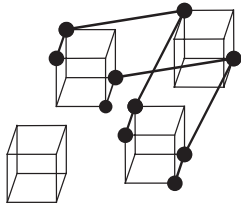


Рис. 7

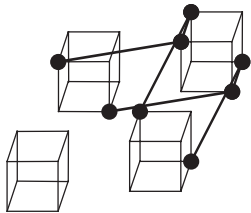


Рис. 8

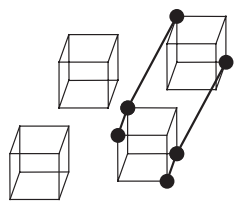


Рис. 9

**Теорема 2.11**

Если  $n = 5l + r \geq 6$ , тогда в  $n$ -куб вкладывается цикл длины  $2k$

$$k \leq \left\lfloor \frac{15^l (7m + 2) - 2}{7 \cdot 2^{l+1}} \right\rfloor,$$

где  $m$  – число вершин в наибольшей цепи в  $r$ -кубе.

*Доказательство.* В  $r$ -кубе есть цепь длины  $m - 1$ , тогда рассмотрим в  $r + 5$ -кубе цепь, состоящую из пятимерных кубов, длины  $m - 1$ , она, очевидно, существует. Любой пятимерный куб из этой цепи имеет соседними не более двух кубов такой же размерности, принадлежащих указанной цепи. Вкладывая в нее  $M_4, M_2$  и  $M_3$ , получим, что в  $r + 5$ -куб вкладывается цикл длины  $2k_1$ ,

где 
$$k_1 \leq \left\lfloor \frac{15(7m + 2) - 2}{7 \cdot 4} \right\rfloor.$$

Очевидно, что в  $r + 5$ -куб вкладывается цепь длины  $2k_1 - 1$ . Продолжая далее аналогично, получим, что в  $n$ -куб вложится цикл длины  $2k_l$ ,

где 
$$k_l \leq \left\lfloor \frac{15^l (7m + 2) - 2}{7 \cdot 2^{l+1}} \right\rfloor.$$

**Следствие 2.12**

Цикл длины  $l \geq 22$  вкладывается в  $n$ -куб,

где 
$$n \geq \left\lceil 10 \frac{\ln(7 \cdot l \cdot \ln 2) - \ln(9 \ln 15)}{\ln 15 - \ln 2} \right\rceil.$$

**Утверждение 2.13**

Пусть  $G = (\mu_1)^{k_1} \times \dots \times (\mu_n)^{k_n} \times (K_2)^t$  – булев тор, тогда он вкладывается в  $n$ -куб,

где 
$$n \geq t + \sum_{i=1}^l k_i \left\lceil 10 \frac{\ln(7 \cdot l_i \cdot \ln 2) - \ln(9 \ln 15)}{\ln 15 - \ln 2} \right\rceil,$$

$l_i \geq 22$  длина цикла  $\mu_i$   $i \in \overline{1, l}$ .

*Доказательство.* По утверждению из [1] прямое произведение двух графов вкладывается в  $n$ -куб, размерность которого равна сумме размерностей кубов, в которые вкладывались исходные графы. Отсюда и из следствия 2.12 очевидно следует справедливость утверждения.

**Определение 2.14**

Цикл графа  $G$  называется гамильтоновым, если он проходит через все его вершины ровно один раз.



Как известно, в  $n$ -кубе существует гамильтонов цикл, тогда логично предположить, что произвольный булев тор гамильтонов.

### Утверждение 2.15

Пусть  $G$  – булев тор, тогда в  $G$  существует гамильтонов цикл.

*Доказательство.* Доказательство утверждения будем проводить методом математической индукции по степени вершины.

При  $p = 0$ ,  $p = 1$  и  $p = 1$  справедливость утверждения очевидна. Пусть утверждение доказано при всех  $p < t$ , покажем его справедливость при  $p = t$ . Рассмотрим два случая. Если в представлении (1) булева тора  $G$   $t$  отлично от нуля, тогда существует булев тор  $G'$ , степени вершин которого равны  $t - 1$ , такой, что  $G = G' \times K_2$ . По предположению индукции,  $G'$  гамильтонов. Из определения операции прямого произведения следует, что  $G$  содержит два подграфа изоморфных  $G'$ . В каждом таком подграфе, по предположению индукции, есть гамильтонов цикл. Удалим из этих циклов по одному соответствующему ребру и соединим инцидентные им вершины в этих двух подграфах. Таким образом, мы нашли в  $G$  гамильтонов цикл.

Если в представлении (1) булева тора  $G$   $t$  равно нулю. Очевидно, существуют булев тор  $G'$  и цикл  $\mu_i$  такой, что  $G = G' \times \mu_i$ . Из определения операции прямого произведения следует, что  $G$  содержит  $|\mu_i|$  подграфов изо-

морфных  $G'$ , причем каждая вершина из одного подграфа соединена с соответствующими вершинами из двух других подграфов. В каждом таком подграфе, по предположению индукции, есть гамильтонов цикл. Удалим из этих циклов по одному соответствующему ребру и соединим инцидентные им вершины в этих подграфах. Таким образом, мы нашли в  $G$  гамильтонов цикл.

### Библиографический список

1. Никонов, В.Г. Пороговые представления булевых функций / В.Г. Никонов // *Обзоры прикладной и промышленной математики*. – 1994. – № 3. – С. 402–458.
2. Никонов, В.Г. Покрытия булевых графов / В.Г. Никонов // *Дискретная математика*. – 1994. – № 4. – С. 21–34.
3. Горбатов, В.А. Теория графов и могографов / В.А. Горбатов // *Фундаментальные основы дискретной математики*. – М.: Наука, Физматлит, 2000. – С. 157–257.
4. Оре, О. Теория графов / О. Оре. – М.: Наука, 1980.
5. Зыков, А.А. Основы теории графов / А.А. Зыков. – М.: Наука, Физматлит, 1987.
6. Берж, К. Теория графов и ее применение / К. Берж. – М.: Изд-во иностр. литерат., 1962.
7. Зайцева, Ж.Н. Исследование графов, вложимых в  $n$ -куб и их применение в проектировании / Ж.Н. Зайцева, В.Г. Никонов, Д.С. Шевелев // РЭА. Методы искусственного интеллекта в САПР тезисы докладов. – Воронеж, 1990. – С. 49–52.
8. Никонов, В.Г. Булевы графы и функции / В.Г. Никонов, Д.С. Шевелев // *Дискретная математика*. – 1991. – № 4. – С. 52–61.

## ПРОБЛЕМА ВЫБОРА НАЧАЛЬНОЙ ПОПУЛЯЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА, ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ НЕРАВЕНСТВ С БУЛЕВЫМИ НЕИЗВЕСТНЫМИ

П.Н. СИТНИКОВ, *науч. сотр. лаборатории ТВП, Москва*

Значительная часть задач дискретной математики и математической экономики сводится к решению систем линейных неравенств. Вследствие этого встающая перед исследователями проблема разработки и исследования эффективных методов решения даже некоторых классов, возникающих на практике систем линейных неравенств, является актуальной.

Одно из направлений поиска решений систем неравенств с булевыми неизвестными основывается на представлении исходной задачи в виде некоторой оптимизационной, для решения которой среди множества разработанных методов дискретной оптимизации можно выделить два подхода, а именно использование алгоритмов направленного перебора и алгоритмов случайного поиска. Однако данные методы

могут приводить к полному перебору всех возможных вариантов решения при рассмотрении конкретной задачи. В связи с этим большой интерес вызывают исследования, связанные с созданием новых алгоритмов решения систем линейных неравенств, в частности, с использованием для решения этого класса задач генетических эволюционных алгоритмов.

Генетические алгоритмы (ГА) – это стохастические, эвристические оптимизационные алгоритмы, впервые предложенные Холландом в 1975. Они реализуют принципы «выживания сильнейших», формируя и изменяя поисковый алгоритм на основе моделирования популяции живых организмов. В каждой генерации новое множество искусственных последовательностей создается, используя части старых и добавляя новые части с «хорошими свойствами». В ходе работы алгоритма эффективно используется положительная информация, накопленная в процессе эволюции.

Перечислим основные отличия ГА от других оптимизационных и поисковых алгоритмов. А именно генетические алгоритмы

- осуществляют поиск из популяции точек, а не из единственной точки;
- используют целевую функцию, а не ее различные приращения для оценки информации;
- используют не детерминированные, а вероятностные правила.

В отличие от других методов оптимизации ГА, как правило, анализируют различные области пространства решений одновременно и более приспособлены к нахождению новых областей с лучшими значениями целевой функции за счет объединения оптимальных решений из разных популяций.

Итак, ГА работают с закодированным определенным образом множеством параметров решаемой задачи, чаще всего с помощью вектора некоторой длины  $n$  над конечным алфавитом. Для оценки качества, меры приспособленности допустимых решений используется некоторая функция качества  $\Phi$ . Применительно к задаче поиска решений систем неравенств функция качества  $\Phi$  несет в себе свойства це-

левой функции (ЦФ), известной в алгоритмах дискретной оптимизации. Смысл функции  $\Phi$  заключается в том, чтобы решения, имеющие лучшие значения целевой функции, с большей вероятностью попадали в новую популяцию при работе алгоритма. В литературе вводится понятие функции полезности и предлагается различать его с понятием ЦФ. Здесь ЦФ служит для измерения качества отдельно взятой хромосомы (биологический смысл ЦФ – функция жизнестойкости), а функция полезности описывает способ, задает правила выбора особей из популяции. В любом случае целью алгоритма является нахождение экстремума введенной ЦФ, что соответствует нахождению искомого решения, которое имеет наилучший показатель качества среди возможных решений задачи.

В рамках ГА на сегодняшний день уже создано много способов реализации идей биологической эволюции, что, конечно же, связано с тем многообразием задач, для решения которых применяются генетические методы.

Перечислим основные составляющие элементы традиционного ГА [2].

*Начальная популяция.* Создание начальной популяции  $\mathbf{X}_0$  подразумевает набор – чаще всего случайный – исходного множества возможных решений задачи  $\mathbf{x}_1^{(0)}, \dots, \mathbf{x}_N^{(0)}$ . Вопрос выбора оптимального размера начальной популяции и подбора особей для ее формирования чаще всего решается опытным путем применительно к каждой конкретной задаче. Интуитивно понятно, что размер и структура начальной популяции может сильно влиять на способность алгоритма решать поставленную задачу.

Далее в работе для того, чтобы наглядно продемонстрировать влияние на работу ГА параметров начальной популяции – ее размера и структуры, будем полагать, что в формировании популяции  $\mathbf{X}_{i+1}$  из  $\mathbf{X}_i$  участвуют только операторы скрещивания и репродукции.

*Оператор репродукции*  $R$  создает из исходной популяции  $\mathbf{X}_i$  новую  $\mathbf{X}'_i$ , присутствие в которой той или иной хромосомы определяется мерой ее приспособленности, т.е. значением ЦФ. Данный оператор направлен на сохранение хромосом с лучшими значе-

ниями ЦФ и на исключение из популяции хромосом с худшими значениями функции  $\Phi$ . Оператор репродукции моделирует естественный отбор, происходящий в природе.

Отбор особей в популяцию  $X'_i$  осуществляется на основании вероятностей  $p_j(x_j^{(i)})$ , вычисленных для каждого вектора множества  $X_i$  в рамках выбранного механизма репродукции. Существует несколько вариантов данного оператора (например, пропорциональная, турнирная репродукции с упорядочиванием), отличающихся правилами отбора решений для новой популяции, т.е. правилами назначения вероятностей выбора особей в новое множество векторов.

С помощью оператора скрещивания происходит наследование генетической информации и производится поиск более приспособленных решений. При применении данного оператора из множества  $X'_i$  создается новая популяция  $X''_i$ , в которой каждый индивидуум будет нести в себе частично информацию некоторых двух решений из предыдущей популяции, т.е. будет являться «ребенком» некоторых двух «родителей». В то же время часть особей может переходить в новую популяцию без изменений. Вариантов данного оператора несколько (одноточечное,  $r$ -точечное, равномерное скрещивание). В общем виде механизм скрещивания представляется следующим образом. Задается вероятность  $p_c$ , которая показывает долю особей популяции  $X'_i$ , участвующих в скрещивании, определяется правило набора пар «родителей»  $(x_l^{(i)}, x_m^{(i)})$ , и в соответствии с выбранным механизмом скрещивания  $S: V \times V \rightarrow V \times V$  получают потомков  $(y_l^{(i)}, y_m^{(i)})$ , т.е.  $(y_l^{(i)}, y_m^{(i)}) = S(x_l^{(i)}, x_m^{(i)})$ , при этом  $y_{l,j}^{(i)} = x_{l,j}^{(i)}$  и  $y_{m,j}^{(i)} = x_{m,j}^{(i)}$  либо  $y_{l,j}^{(i)} = x_{m,j}^{(i)}$  и  $y_{m,j}^{(i)} = x_{l,j}^{(i)}$  для всех  $j = 1, n$ . Отметим, что если на некоторой итерации в популяции  $X_i$  выполняется  $x_{1,j}^{(i)} = x_{2,j}^{(i)} = \dots = x_{N,j}^{(i)} = a$ , то есть  $j$ -е координаты всех векторов одинаковые, то и после применения операторов репродукции и скрещивания у всех векторов в популяции  $X''_i$   $j$ -я координата будет равняться  $a$ . Тогда в ходе поиска невозможно будет получить вектора с координатой  $x_j = \bar{a}$ .

Для предотвращения таких и иных тупиковых ситуаций служит оператор мутации. Он позволяет изменять значения генов в хромосомах, что приводит к возможности поиска истинного решения в новых областях пространства решений. Как и в природе, мутации происходят независимо от того, приносят ли они особи вред или пользу. Они не направлены на повышение или понижение степени приспособленности особи, а только производят структурные изменения в генах.

Примером оператора мутации  $M: \Omega_n \rightarrow \Omega_n$  – служит инвертирование битов с заданной вероятностью  $p_m$ , т.е.

$$P(M(x_{s,j}^{(i)} = \bar{x}_{s,j}^{(i)})) = p_m \text{ и } P(M(x_{s,j}^{(i)} = x_{s,j}^{(i)})) = 1 - p_m, \quad s = \bar{1}, N, \quad j = \bar{1}, n.$$

Таким образом, переход от популяции  $X_i$  к  $X_{i+1}$  в традиционном ГА осуществляется путем последовательного применения выбранных механизмов репродукции  $R$ , скрещивания  $S$  и мутации  $M$ .

Работа традиционного ГА представляет собой итерационный процесс, который продолжается до тех пор, пока не выполнится какое-либо условие, сигнализирующее о необходимости прекращения работы алгоритма или о нахождении решения. Понятие решения тесно связано с природой задачи.

Рассмотрим систему линейных псевдобулевых неравенств вида

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + \dots + a_{1n}x_n \nabla_1 b_1 \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + \dots + a_{mn}x_n \nabla_m b_m, \end{cases}$$

где

$$i, j \in N, a_{ij}, b_i \in Z, x_j \in \{0, 1\}, \nabla_i \in \{\leq, \geq, <, >\}. \quad (1)$$

Под невязкой  $i$ -го неравенства для вектора  $x = (x_1, \dots, x_n)$  будем понимать следующую величину

$$\xi_i(x) = \begin{cases} \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - b_i, \text{ если } \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - b_i > 0, u \nabla_i \in \{\leq, <\} \\ b_i - \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j, \text{ если } \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - b_i < 0, u \nabla_i \in \{\geq, >\} \\ 0 - \text{в противном случае} \end{cases}$$

Невязка системы неравенств для вектора  $x$  равна сумме невязки всех неравенств

$$\xi(x) = \sum_{i=1}^n n_i(x). \quad (2)$$

Нетрудно видеть, что если вектор  $x_0$  является решением системы (1), то  $\xi(x_0) = 0$ . Как показали экспериментальные исследования, возможны различные способы задания ЦФ для решения системы линейных неравенств (например, выбор в качестве ЦФ числа невыполнившихся неравенств, значение максимальной невязки неравенства системы и т.д.), однако использование невязки системы в качестве ЦФ оказалось предпочтительнее; данный подход изложен в [3, 4].

Перечислим основные этапы ГА, предназначенного для решения системы (1).

1. Формирование начальной популяции.

2. Вычисление целевой функции для всех особей (в качестве ЦФ в данном случае выступает невязка), если решение присутствует, выход из алгоритма с указанием решения, иначе – шаг 3).

3. Скрещивание каждого с каждым (причем можно использовать как одноточечное скрещивание, так и скрещивание с несколькими точками разрыва).

4. Вычисление целевой функции для всех особей, если решение присутствует, выход из алгоритма с указанием решения, иначе – шаг 5).

5. При помощи оператора пропорциональной репродукции на основании значений ЦФ особей формируется новая популяция, мощность которой совпадает с мощностью начальной популяции.

6. Если число итераций алгоритма больше фиксированной константы, то выход, иначе – шаг 3).

Под успешным результатом ГА в данном случае будем полагать и нахождение вектора, попадающего в некоторую окрестность вектора-решения (субоптимальное решение).

Традиционно предполагается формирование начальной популяции ГА случайным образом, но, по крайней мере, для некоторых

классов задач, решаемых с использованием ГА, в частности, задач решения систем линейных псевдоболевых неравенств, возникает вопрос о целесообразности такого подхода.

Рассмотрим начальную популяцию  $X$ , сформированную из двоичных векторов длины  $n$ ,  $|X| = N$ . Не ограничивая общности, будем полагать, что к векторам из  $X$  применяется оператор одноточечного скрещивания [1]. Пусть для скрещивания выбраны векторы  $x_i, x_j \in X$ ,  $i, j \in \{1, \dots, N\}$ ,

$$x_i = (x_i^{(1)}, \dots, x_i^{(n)}) \text{ и } x_j = (x_j^{(1)}, \dots, x_j^{(n)}),$$

$m$  – точка скрещивания, тогда результат действия оператора

$$Sk^{r1}(x_i, x_j) = \begin{cases} y_{ij} = (x_i^{(1)}, \dots, x_i^{(m)}, x_j^{(m+1)}, \dots, x_j^{(n)}) \\ y_{ji} = (x_j^{(1)}, \dots, x_j^{(m)}, x_i^{(m+1)}, \dots, x_i^{(n)}) \end{cases}. \quad (3)$$

Заметим, что

$$\begin{aligned} d(x_i, x_j) &= d(x_i, y_{ij}) + d(y_{ij}, x_j) \\ &= d(x_i, y_{ji}) + d(y_{ji}, x_j), \end{aligned} \quad (4)$$

где  $d(a, b)$  – расстояние Хемминга между векторами  $a = (a_1, \dots, a_n)$  и  $b = (b_1, \dots, b_n) \in V_n$ , которое определяется как число таких  $i \in \{1, \dots, n\}$ , что  $a_i \neq b_i$  и является метрикой на  $V_n$ .

#### Утверждение 1

Пусть для всех векторов популяции  $X$  выполняется неравенство  $d(x_i, x_j) \leq \rho_0$ ,  $\rho_0 \neq 0$ , тогда вектор, полученный в результате применения операции скрещивания к любым двум векторам из  $X$ , удален от каждого из них на расстояние, меньшее или равное  $\rho_0$ .

#### Доказательство

Из (3) (4): для любых  $x_i, x_j \in X$   $d(x_i, x_j) = d(x_i, y_{ij}) + d(y_{ij}, x_j)$ , т.к. по условию  $d(x_i, x_j) \leq \rho_0$ , то  $d(x_i, y_{ij}) + d(y_{ij}, x_j) \leq \rho_0$ . Поскольку по определению  $d(x_i, y_{ij}) \geq 0$ ,  $d(y_{ij}, x_j) \geq 0$ , то утверждение доказано.

#### Следствие 1

Путем однократного применения оператора скрещивания нельзя получить потомка, удаленного от одного из элементов начальной популяции на расстояние, большее  $\rho_0$ .

Геометрический аспект утверждения 1 исключительно важен для понимания логики ГА. Если базовая популяция окажется локализованной в некотором булевом гипершаре

радиуса  $\rho \ll n$ , то алгоритм будет медленно и долго выводить популяцию из этой зоны локализации. Параметры этого процесса аналитически оценить очень трудно, экспериментальные данные показывают справедливость этой оценки. Кроме того, локализованная популяция может быть вырожденной, тогда достижение в процессе работы алгоритма любой вершины  $n$ -мерного куба в принципе невозможно без оператора мутации.

**Определение 1**

Базовую популяцию из  $m$  векторов длины  $n$  назовем координатно вырожденной, если существует  $j \in \{1, n\}$ , такое что  $x_{1j} = x_{2j} = \dots = x_{mj} = \varepsilon$ .

При случайном формировании базовой популяции можно ввести вероятность координатного вырождения  $p_{\text{выр}}(M_m^n)$  (где  $M$  – матрица размера  $m \times n$ , составленная из векторов базовой популяции).

$$M = \begin{pmatrix} x_{11}, & \dots, & x_{1n} \\ x_{21}, & \dots, & x_{2n} \\ \dots & & \dots \\ x_{m1}, & \dots, & x_{mn} \end{pmatrix}$$

**Утверждение 2**

Пусть задана популяция из  $m$  двоичных векторов длины  $n$ . Тогда при  $n \rightarrow \infty p_{\text{выр}}(M_m^n) \rightarrow 1$ .

**Доказательство**

Полагаем, что начальная популяция формируется случайно равномерно. Пусть  $A$  – случайное событие, заключающееся в том, что в матрице  $M$  содержится хотя бы один нулевой или единичный столбец (условие координатного вырождения), элементарное событие  $A_j$  – в  $j$ -м столбце либо все нули, либо единицы;  $P(A)$  – вероятность того, что произошло случайное событие  $A$ . Для доказательства исходного утверждения необходимо показать, что при фиксированном  $m$ , при  $n \rightarrow \infty P(A) \rightarrow 1$ . Действительно,

$$P(A) = P(A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n) = 1 - \overline{P(A)} = 1 - \overline{P(\overline{A_1} \cap \overline{A_2} \cap \dots \cap \overline{A_n})} = 1 - P(\overline{A_1} \cap \overline{A_2} \cap \dots \cap \overline{A_n}),$$

поскольку элементарные события  $A_j$  независимы и

$$P(A_j) = P(E_{11} = 0, E_{21} = 0, \dots, E_{m1} = 0) + P(E_{11} = 1, E_{21} = 1, \dots, E_{m1} = 1) = \left(\frac{1}{2}\right)^m + \left(\frac{1}{2}\right)^m = \frac{1}{2^{m-1}},$$

то  $P(A) = 1 - P(\overline{A_1}) \cap P(\overline{A_2}) \cap \dots \cap P(\overline{A_n}) = 1 - \left(1 - \frac{1}{2^{m-1}}\right)^n$ ,

т.к.  $n \in N$ , то  $\left(1 - \frac{1}{2^{m-1}}\right)^n < 1$ ,

при  $n \rightarrow \infty \left(1 - \frac{1}{2^{m-1}}\right)^n \rightarrow 0$ ,

а следовательно,  $P(A) \rightarrow 1$ . Утверждение доказано.

Очевидно, что при формировании начальной популяции ГА необходимо при минимальном количестве особей в популяции обеспечить выполнение условий ее невырожденности.

**Принцип рассеивания.** Начальную популяцию должны формировать элементы кода с наибольшим значением кодового расстояния.

Приведем ряд определений и утверждений теории кодирования, в которых содержатся оценки кодового расстояния для линейных кодов [5–7]. Этими оценками предлагается руководствоваться при построении начальных популяций ГА из элементов кодов с максимальным кодовым расстоянием.

**Определение 2**

Кодом длины  $n$  в конечном алфавите  $\Omega$  называется произвольное подмножество  $K \subseteq \Omega^n$ , при этом элементы  $K$ , называются кодовыми словами.

**Определение 3**

Кодовым расстоянием, или расстоянием Хемминга кода  $K$  называют параметр  $d(K) = \min\{d(a, b) : a, b \in K, a \neq b\}$ , в терминах имитационных алгоритмов данное выражение назовем минимальным расстоянием популяции.

**Определение 4**

Код  $K$  длины  $n$  в алфавите  $\Omega$ , имеющий мощность  $C$  и расстояние  $d$ , назовем  $(n, C, d)_\Omega$ -кодом.

**Определение 5**

В том случае, если мощность кода характеризуется параметром  $k = \log_{|\Omega|} |K|$ , то говорят, что  $K$  –  $[n, k, d]_\Omega$ -код, или  $[n, k, d]_q$ -код, где  $q = |\Omega|$ .

**Определение 6**

Линейным  $[n, k]_p$ -кодом над полем  $P$  называется подпространство  $K < P^n$  размерности  $k$ .

Расстояние Хемминга  $d(K)$  кода  $K$  характеризует возможность кода  $K$  замечать и исправлять ошибки. Если  $d(K) > r$ , то говорят, что код  $K$  замечает  $r$  ошибок. Если  $d(K) > 2r$ , то говорят, что  $K$  исправляет  $r$  ошибок.

**Определение 7**

Весом Хемминга слова  $a \in K < P^n$  называется число  $\|a\| = d(a, 0)$  ненулевых координат в слове  $a$ .

**Утверждение 3**

Для любого линейного кода  $K < P^n$  справедливо равенство  $d(K) = \min\{\|a\| : a \in K/0\}$

**Теорема 1 (граница Синглтона).**

Если  $K$  есть  $[n, k, d]_q$ -код, то  $d \leq n - k + 1$ . (5)

**Определение 8**

Код  $K$  называется кодом с максимально достижимым расстоянием, или МДР-кодом, если неравенство (5) обращается в равенство, т.е. если  $K$  есть  $[n, k, n - k + 1]$ -код

**Теорема 2 (граница Хемминга)**

Если  $K$  есть  $[n, k]$ -код в алфавите  $\Omega$  мощности  $q$  и  $d(K) > 2r$ , то

$$q^k \leq q^n / s_q(n, r), \quad (6)$$

где

$$s_q(n, r) = 1 + (q-1)n + (q-1)^2 \binom{n}{2} + \dots + (q-1)^r \binom{n}{r}. \quad (7)$$

**Определение 9**

Правая часть неравенства (6) называется границей Хемминга, или границей сферической упаковки для мощности кода. Код  $K$  называется совершенным, если для него неравенство (6) обращается в равенство (в этом случае  $d(K) = 2r + 1$ ).

**Теорема 3 (граница Плоткина)**

Для произвольного  $[n, k]$ -кода  $K$  в алфавите  $\Omega$ , мощности  $q$ , справедлива оценка

$$d \leq \frac{nq^{k-1}(q-1)}{q^k - 1} = \frac{q-1}{q} \frac{|K|}{|K|-1} n. \quad (8)$$

Замечание. Для того чтобы код достигал границы (8), необходимо, чтобы его ми-

нимальное расстояние равнялось среднему расстоянию

$$d = \frac{1}{M(M-1)} \sum_{a,b \in K} d(a,b). \quad (9)$$

Последнее равносильно тому, что расстояние между любыми различными кодовыми словами одинаково. Такие коды называются эквидистантными, и в качестве примера можно рассмотреть симплексный код. Пусть  $P = GF(q)$  – поле из  $q$  элементов,  $V$  – пространство размерности  $k$  над  $P$  с нулем  $0$  и  $V/0 = \{v_1, \dots, v_n\}$ ,  $n = q^k - 1$ . Обозначим через  $V^*$  множество линейных отображений  $g : V \rightarrow P$  (сопряженное пространство к  $V$ ) и поставим в соответствие каждому отображению  $g \in V^*$  строку

$$g = (g(v_1), \dots, g(v_n)) \in P^n.$$

Тогда множество  $G_p(k) = \{g \in P^n : g \in V^*\}$  есть линейный систематический эквидистантный

$$[n, k, \frac{q-1}{q}(n+1)]\text{-код,}$$

достигающий границы Плоткина.

**Теорема 4 (граница Варшавова-Гилберта)**

Обозначим через  $A_q(n, d)$  максимальное значение  $S$ , для которого существует  $(n, S \geq d)_q$  код в алфавите  $\Omega$  мощности  $|\Omega| = q$ . Тогда

$$A_q(n, d) \geq q^n / \sum_{i=0}^{d-1} \binom{n}{i} (q-1)^i. \quad (10)$$

Таким образом, начальная популяция ГА, предназначенного для решения систем псевдодобулевых неравенств вида (1), должна формироваться из элементов эквидистантного кода с максимальным кодовым расстоянием в том случае, когда такой код может быть построен, см. [7].

Проведенные предварительные экспериментальные исследования предлагаемого в статье принципа формирования начальных популяций ГА показывают пригодность данного метода для практического применения, и превосходят в скорости нахождения решения систем неравенств (1) генетическим алгоритмом с начальной популяцией, сформированной согласно данным рекомендациям.

**Библиографический список**

1. Батищев, Д.И. Генетические алгоритмы решения экстремальных задач / Д.И. Батищев. – Воронеж, 1995.
2. Кисляков, А.В. Генетические алгоритмы: операторы скрещивания и мутации / А.В. Кисляков // Информационные технологии. – 2001. – № 1. – С. 29–34.
3. Кисляков, А.В. Самообучающийся генетический алгоритм решения систем булевых уравнений / А.В. Кисляков, В.Г. Никонов // Научный вестник МГТУ ГА. Серия «Информатика». – 2001. – № 38. – С. 28–33.
4. Кисляков, А.В. О применении генетических алгоритмов для решения систем линейных неравенств / А.В. Кисляков, В.Г. Никонов // Труды школы-семинара “Новые информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе”: по материалам докладов XXVII международной конференции ИТ+SE’2000 “New Information technology in Science, Education, Telecommunications and Business”. Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе. – Запорожье, 2000. – С. 40.
5. Питерсон У. Уэлдон. Коды, исправляющие ошибки / У. Питерсон, Уэлдон. – М., 1976.
6. Бородин, Л.Ф. Введение в теорию помехоустойчивого кодирования / Л.Ф. Бородин. – М., 1968.
7. Кассами, Т. Теория кодирования / Т. Кассами, Н. Токура, Е. Ивадари и др. – М., 1978.

**МЕТОДЫ И МОДЕЛИ СОЗДАНИЯ И ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ**

В.Г. ДОМРАЧЕВ, *проф., зав. каф. электроники и микропроцессорной техники МГУЛ, д-р техн. наук*,  
 О.М. ПОЛЕЩУК, *проф. каф. высшей математики МГУЛ, д-р техн. наук*,  
 Н.Г. ПОЯРКОВ, *ст. преподаватель каф. информационно-измерительных систем МГУЛ*

Современный этап развития информационного общества характеризуется становлением принципиально новых технологий в сфере образования. Потребности в этих технологиях формируются активными преобразованиями в промышленности, экономике и социально-политической области. Накопленный опыт создания и функционирования образовательных информационных ресурсов показал, что уже на этапе их проектирования возникает необходимость формализованного подхода к предъявляемым требованиям и оценке реальных возможностей. Существенной сложностью разработки такого подхода является наличие не только сильного субъективного фактора, возникающего в результате привлечения экспертов, но и наличие понятий, трудноформализуемых в рамках традиционных формализмов. Практическое состояние вопроса и анализ литературы позволяют сделать вывод фактически об отсутствии методов, моделей и экспертных систем создания, поддержки функционирования и оценки качества образовательных информационных ресурсов, а также методик для анализа эффективности их использования. Существующие немногочисленные методы чаще всего носят интуитивный характер и не могут

служить научной базой для серьезных практических разработок. Отсутствие научной базы, в свою очередь, является причиной появления образовательных информационных продуктов низкого качества.

Проведенные авторами исследования рассматриваемой предметной области открыли возможность создания научной базы для разработки методов, моделей и экспертных систем создания, поддержки функционирования и оценки качества образовательных информационных ресурсов, а также методик для анализа эффективности их использования. Разрабатываемые методы, модели и методики, базирующиеся на многолетних научных и практических разработках коллектива исполнителей, оригинальны и направлены на практическое использование.

Учитывая особенности плохой формализуемости рассматриваемой предметной области, разработки авторов направлены на создание новых и развитие существующих методов на основе аппарата теории нечетких множеств, которые в конечном итоге приведут к созданию научной и практической базы.

В настоящей работе авторы предлагают метод формализации данных, полученных

при оценивании характеристик качества образовательных информационных ресурсов; метод выбора шкал для оценивания этих характеристик; модель многокритериального рейтингового оценивания образовательных информационных ресурсов.

Построим формализации данных, полученных в результате оценивания качественной характеристики  $X$  у образовательных информационных ресурсов. В качестве формализаций будут использоваться нечеткие переменные, составляющие в совокупности полное ортогональное семантическое пространство.

Полным ортогональным семантическим пространством (ПОСП) называется семантическое пространство, функции принадлежности термов которого  $\mu_l(x), l = \overline{1, m}$  удовлетворяют следующим требованиям [2]:

1. Для каждого понятия  $X_l, l = \overline{1, m}$  существует  $\hat{U}_l \neq \emptyset$ , где  $\hat{U}_l = \{x \in U : \mu_l(x) = 1\}$  есть точка или отрезок.

2. Пусть  $\hat{U}_l = \{x \in U : \mu_l(x) = 1\}$ , тогда  $\mu_l(x), l = \overline{1, m}$  не убывает слева от  $\hat{U}_l$  и не возрастает справа от  $\hat{U}_l$ .

3.  $\mu_l(x), l = \overline{1, m}$  имеют не более двух точек разрыва первого рода.

4. Для каждого  $x \in U \sum_{l=1}^m \mu_l(x) = 1$ .

Предполагается, что оценивание характеристики осуществляется в рамках вербальной шкалы с уровнями  $X_l, l = \overline{1, m}, m \geq 2$ , упорядоченными по возрастанию интенсивности проявления этой характеристики. Уровни используемой вербальной шкалы

однозначно задают терм-множество ПОСП –  $T(X) = \{X_1, X_2, \dots, X_m\}$ . В качестве универсального множества ПОСП с названием  $X$  выбирается  $U = [0, 1]$ . Точка  $x = 0$  соответствует полному отсутствию проявления характеристики  $X$  и поэтому считается типичной точкой терма  $X_1$ , точка  $x = 1$  соответствует полному присутствию проявления характеристики  $X$  и поэтому считается типичной точкой терма  $X_m$ .

Обозначим относительные частоты появления образовательных информационных ресурсов, у которых интенсивность характеристики  $X$  оценена уровнями  $X_l, l = \overline{1, m}$ , соответственно через

$$a_l, l = \overline{1, m}, \sum_{l=1}^m a_l = 1.$$

Функции принадлежности терм-множества ПОСП будут построены в треугольном или трапецеидальном виде таким образом, чтобы ограниченные ими и осью абсцисс площади фигур равнялись  $a_l, l = \overline{1, m}$ .

Обозначим  $\min(a_1, a_2)$  через  $b_1$ ,  $\min(a_{l-1}, a_l, a_{l+1}), l = \overline{2, m-2}$  через

$$b_l, l = \overline{2, m-2}, \text{ а } \min(a_{m-1}, a_m) \text{ через } b_{m-1}.$$

Тогда

$$\mu_l(x) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x \leq a_1 - \frac{b_1}{2} \\ 1 - \frac{x - (a_1 - \frac{b_1}{2})}{b_1}, & a_1 - \frac{b_1}{2} < x \leq a_1 + \frac{b_1}{2} \\ 0, & a_1 + \frac{b_1}{2} < x \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_l(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq \sum_{i=1}^{l-1} a_i - \frac{b_{l-1}}{2} \\ 1 + \frac{x - (\sum_{i=1}^{l-1} a_i + \frac{b_{l-1}}{2})}{b_{l-1}}, & \sum_{i=1}^{l-1} a_i - \frac{b_{l-1}}{2} < x \leq \sum_{i=1}^{l-1} a_i + \frac{b_{l-1}}{2} \\ 1, & \sum_{i=1}^{l-1} a_i + \frac{b_{l-1}}{2} < x \leq \sum_{i=1}^l a_i - \frac{b_l}{2}, \quad l = \overline{2, m-2}, \\ 1 - \frac{x - (\sum_{i=1}^l a_i - \frac{b_l}{2})}{b_l}, & \sum_{i=1}^l a_i - \frac{b_l}{2} < x \leq \sum_{i=1}^l a_i + \frac{b_l}{2} \\ 0, & \sum_{i=1}^l a_i + \frac{b_l}{2} < x \leq 1 \end{cases}$$



$$\mu_{m-1}(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq \sum_{i=1}^{m-2} a_i - \frac{b_{m-2}}{2} \\ 1 + \frac{x - (\sum_{i=1}^{m-2} a_i + \frac{b_{m-1}}{2})}{b_{m-2}}, & \sum_{i=1}^{m-2} a_i - \frac{b_{m-2}}{2} < x \leq \sum_{i=1}^{m-2} a_i + \frac{b_{m-2}}{2} \\ 1, & \sum_{i=1}^{m-2} a_i + \frac{b_{m-2}}{2} < x \leq 1 - a_m - \frac{b_{m-1}}{2} \\ 1 - \frac{x - (1 - a_m - \frac{b_{m-1}}{2})}{b_{m-1}}, & 1 - a_m - \frac{b_{m-1}}{2} < x \leq 1 - a_m + \frac{b_{m-1}}{2} \\ 0, & 1 - a_m + \frac{b_{m-1}}{2} < x \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_m(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq 1 - a_m - \frac{b_{m-1}}{2} \\ 1 + \frac{x - (1 - a_m + \frac{b_{m-1}}{2})}{b_{m-1}}, & 1 - a_m - \frac{b_{m-1}}{2} < x \leq 1 - a_m + \frac{b_{m-1}}{2} \\ 1, & 1 - a_m + \frac{b_{m-1}}{2} < x \leq 1 \end{cases}$$

Для оценивания или описания характеристик эксперты могут применять разные множества их лингвистических значений. Одни множества доставляют трудности экспертам в связи с недостаточностью значений, другие в связи с избыточностью значений. В результате этих трудностей следует ожидать увеличения нечеткости и рассогласованности поступающей от экспертов информации.

Естественным вопросом при оценивании экспертом проявлений признаков является вопрос: по каким критериям должен производиться выбор оптимального множества значений лингвистической шкалы, которая применяется при оценивании той или иной характеристики? В [1] определены следующие критерии оптимальности.

1. Под оптимальным множеством лингвистических значений характеристик понимается такое множество значений, используя которое эксперты испытывают минимальную неопределенность при описании реальных объектов.

2. Под оптимальным множеством лингвистических значений характеристик пони-

мается такое множество значений, которое обеспечивает максимальную согласованность экспертной информации.

Будем предполагать, что для оценивания или описания характеристики  $X$  привлекаются  $k$  экспертов.

После этого формулируются множества  $T_1 = \{X_1, X_2\}, T_2 = \{Y_1, Y_2, Y_3\}, \dots, T_{n-1} = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_n\}$  лингвистических значений характеристики  $X$ , которые могут применяться для ее оценивания. После этого экспертам предлагается оценить (или описать) эту характеристику последовательно в рамках каждого из сформулированных множеств ее лингвистических значений.

Пусть  $T_1 = \{X_1, X_2\}, T_2 = \{Y_1, Y_2, Y_3\}, \dots, T_{n-1} = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_n\}$  терм-множества ПОСП, построенных в рамках этих множеств на основе информации, полученной от каждого из  $k$  экспертов.

Обозначим через

$$P_i^p, i = \overline{1, n-1}, p = \overline{1, k}$$

модель экспертного оценивания или описания признака  $X$   $p$ -м экспертом в рамках терм-множества  $T_i$  (ПОСП  $p$ -го эксперта с терм-мно-

жеством  $T_i$ ), а через  $P_i, i = \overline{1, n-1}$  обобщенную модель экспертного оценивания или описания признака  $X$  в рамках терм-множества  $T_i$ .

Обозначим функции принадлежности  $P_i^p, i = \overline{1, n-1}, p = \overline{1, k}$  через  $\mu_{ilp}(x) \equiv (a_1^{ilp}, a_2^{ilp}, a_L^{ilp}, a_R^{ilp}), l = \overline{1, i+1}$ , а функции принадлежности  $P_i, i = \overline{1, n-1}$  через  $f_{il}(x) = (a_1^{il}, a_2^{il}, a_L^{il}, a_R^{il}), l = \overline{1, i+1}$ .

Определим потери информации между  $P_i^p, i = \overline{1, n-1}, p = \overline{1, k}$  и  $P_i, i = \overline{1, n-1}$  при фиксированном  $i$  следующим образом

$$d(P_i^p, P_i) = \frac{1}{2} \sum_{l=1}^{i+1} \int_0^1 |\mu_{ilp}(x) - f_{il}(x)| dx, \quad p = \overline{1, k}.$$

Потерей информации при построении обобщенной модели в рамках терм-множества  $T_i, i = \overline{1, n-1}$  назовем среднее значение потерь информации между  $P_i^p, i = \overline{1, n-1}, p = \overline{1, k}$  и обобщенной моделью  $P_i, i = \overline{1, n-1}$

$$\sigma = \frac{1}{k} \sum_{p=1}^k d(P_i^p, P_i), \quad i = \overline{1, n-1}.$$

Построение обобщенной модели в рамках терм-множества  $T_i, i = \overline{1, n-1}$  осуществляется таким образом, чтобы потери информации были минимальны.

Обозначим через  $\xi(T_i), i = \overline{1, n-1}$  степень нечеткости модели  $P_i, i = \overline{1, n-1}$ , а через  $\kappa_i$  – показатель общей согласованности моделей  $P_i^p, p = \overline{1, k}$ .

Степенью нечеткости  $P_i, i = \overline{1, n-1}$  называется число

$$\xi(T_i) = \frac{|U_i|}{2|U_i|},$$

где  $U_i$  – универсальное множество  $P_i, i = \overline{1, n-1}$ ;

$\overline{U}_i$  – подмножество универсального множества, на котором функции принадлежности термов принимают значения больше нуля и меньше единицы.

Показателем общей согласованности моделей  $P_i^p, p = \overline{1, k}$  назовем число

$$\kappa_i = \frac{1}{k} \sum_{p=1}^k \frac{\int_0^1 \min(\mu_{i1p}(x), \mu_{i2p}(x), \dots, \mu_{ii+1p}(x)) dx}{\int_0^1 \max(\mu_{i1p}(x), \mu_{i2p}(x), \dots, \mu_{ii+1p}(x)) dx}, \quad i = \overline{1, n-1}.$$

Построим для показателя согласованности ПОСП с универсальным множеством  $[0, 1]$ , термами «низкий», «высокий» и функциями принадлежности термов  $\mu_1(x), \mu_2(x)$  (например, не ограничивая общности  $\mu_1(x) \equiv (0; 0.25; 0; 0.50), \mu_2(x) \equiv (0.75; 1; 0.25; 0)$ ). Построим для степени нечеткости ПОСП с универсальным множеством  $[0, 0.5]$ , термами «малая», «большая» и функциями принадлежности термов  $\eta_1(x), \eta_2(x)$  (например, не ограничивая общности  $\eta_1(x) \equiv (0; 0.20; 0; 0.20), \eta_2(x) \equiv (0.40; 0.50; 0.20; 0)$ ).

Вычислим в рамках всех множеств лингвистических значений признаков значения принадлежности степеней нечеткости обобщенных моделей к терму «малая» –  $\eta_1(\xi(T_i)), i = \overline{1, n-1}$  и значения принадлежности показателей согласованности моделей экспертов к терму «высокий» –  $\mu_2(\kappa_i), i = \overline{1, n-1}$ .

Определим

$$\theta_i = \min[\eta_1(\xi(T_i)), \mu_2(\kappa_i)], \quad i = \overline{1, n-1}.$$

Тогда множество  $T_j$  лингвистических значений признака считается оптимальным множеством, если  $\theta_j = \max_{1 \leq i \leq n-1} \theta_i$ .

Рассмотрим совокупность  $N$  образовательных информационных ресурсов, у которых оценивается интенсивность проявления качественных характеристик  $X_j, j = \overline{1, k}$ . Пусть  $X_{lj}, l = \overline{1, m_j}$  – уровни вербальных шкал, применяемых для оценивания соответственно характеристик  $X_j, j = \overline{1, k}$ . Уровни расположены в порядке возрастания интенсивности проявления этих характеристик.

Обозначим через  $a_l^j, l = \overline{1, m_j}, j = \overline{1, k}$  относительные числа образовательных информационных ресурсов рассматриваемой совокупности, отнесенных при оценивании признака  $X_j, j = \overline{1, k}$  к уровню

$$X_{lj}, l = \overline{1, m_j}, j = \overline{1, k}, \quad \sum_{l=1}^{m_j} a_l^j = 1, \quad j = \overline{1, k}.$$

Опираясь на эти данные и описанный выше метод, построим  $k$  ПОСП с названиями  $X_j, j = \overline{1, k}$  и терм-множествами  $X_{lj}, l = \overline{1, m_j}, j = \overline{1, k}$ . Обозначим через  $\mu_{lj}(x)$  функцию принадлежности нечеткого числа  $X_{lj}$ , соответствующего  $l$ -му терм-мно-

жеству  $j$ -го ПОСП,  $l = \overline{1, m_j}$ ,  $j = \overline{1, k}$ . Будем называть оценками образовательных информационных ресурсов нечеткие числа  $\tilde{X}_{lj}$ ,  $l = \overline{1, m_j}$ ,  $j = \overline{1, k}$  или их функции принадлежности  $\mu_{lj}(x)$ ,  $l = \overline{1, m_j}$ ,  $j = \overline{1, k}$ . Обозначим за  $\tilde{X}_j^n$  и

$\mu_j^n(x) \equiv (a_{j1}^n, a_{j2}^n, a_{jL}^n, a_{jR}^n)$ ,  $n = \overline{1, N}$ ,  $j = \overline{1, k}$ , оценку  $n$ -го ресурса в рамках характеристики  $X_j$ . Нечеткое число  $\tilde{X}_j^n$  с функцией принадлежности  $\mu_j^n(x)$  равно одному из нечетких чисел  $\tilde{X}_{lj}$ ,  $l = \overline{1, m_j}$ ,  $j = \overline{1, k}$ .

Обозначим весовые коэффициенты оцениваемых характеристик через

$$\omega_j, j = \overline{1, k}, \sum_{j=1}^k \omega_j = 1.$$

Нечеткая рейтинговая оценка  $n$ -го образовательного информационного ресурса,  $n = \overline{1, N}$  в рамках характеристик  $X_j$ ,  $j = \overline{1, k}$  определяется в виде нечеткого числа

$$\tilde{A}_n = \omega_1 \otimes \tilde{X}_{11}^n \oplus \dots \oplus \omega_k \otimes \tilde{X}_{1k}^n$$

с функцией принадлежности

$$\mu_n(x) \equiv \left( \sum_{j=1}^k \omega_j a_{j1}^n, \sum_{j=1}^k \omega_j a_{j2}^n, \sum_{j=1}^k \omega_j a_{jL}^n, \sum_{j=1}^k \omega_j a_{jR}^n \right),$$

$$n = \overline{1, N}.$$

Определим доверительный интервал для четкой рейтинговой оценки  $y_n$ , характеризующей проявления характеристик  $X_j$ ,  $j = \overline{1, k}$  у  $n$ -го образовательного информационного ресурса,  $n = \overline{1, N}$ . При уровне доверия  $\mu_n(y_n) \geq \alpha$ ,  $0 < \alpha < 1$  рейтинговая оценка  $y_n$  проявления характеристик  $X_j$ ,  $j = \overline{1, k}$  у  $n$ -го объекта,  $n = \overline{1, N}$  лежит в интервале

$$\sum_{j=1}^k \omega_j a_{j1}^n - L^{-1}(\alpha) \sum_{j=1}^k \omega_j a_{jL}^n \leq x_n \leq$$

$$\leq \sum_{j=1}^k \omega_j a_{j2}^n + R^{-1}(\alpha) \sum_{j=1}^k \omega_j a_{jR}^n.$$

Дефаззифицируем нечеткие числа  $\tilde{A}_n$ ,  $n = \overline{1, N}$ ,  $\tilde{B}_1 = \omega_1 \otimes \tilde{X}_{11} \oplus \dots \oplus \omega_k \otimes \tilde{X}_{1k}$ ,  $\tilde{B}_m = \omega_1 \otimes \tilde{X}_{m1} \oplus \dots \oplus \omega_k \otimes \tilde{X}_{mk}$  по методу центра тяжести. Полученные четкие числа обозначим через  $A_n$ ,  $n = \overline{1, N}$ ,  $B_1, B_m$ .

Число  $A_n$ ,  $n = \overline{1, N}$  называется точечной рейтинговой оценкой проявления качественных характеристик  $X_j$ ,  $j = \overline{1, k}$  у  $n$ -го образовательного информационного ресурса,  $n = \overline{1, N}$ .

Нормированную рейтинговую оценку  $n$ -го образовательного информационного ресурса,  $n = \overline{1, N}$ , найдем по формуле

$$E_n = \frac{A_n - B_1}{B_m - B_1}, n = \overline{1, N}.$$

Работа выполнена при поддержке гранта программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2006–2008 гг.)» Министерства образования и науки Российской Федерации.

### Библиографический список

1. Домрачев, В.Г. Определение оптимального множества значений лингвистических шкал для экспертного оценивания качества программных средств / В.Г. Домрачев, О.М. Полещук, И.В. Ретинская // Телематика – 2003: труды Всероссийской научно-методической конференции. – СПб., 2003. – Т.1. – С. 255–257.
2. Полещук, О.М. Методы предварительной обработки нечеткой экспертной информации на этапе ее формализации / О.М. Полещук // Вестн. Моск. гос. ун-та леса – Лесной вестник. – 2003. – № 5(30). – С. 160–167.

## НОВЫЙ МЕТОД ФОРМАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Н.Г. ПОЯРКОВ, *ст. преподаватель каф. информационно-измерительных систем МГУЛ*

Как показывает анализ существующих методов обработки данных образовательного процесса, большинство традиционно применяемых методов опирается на аппарат теории вероятностей и математической статистики [1]. При этом нечисловым данным

в соответствие ставятся балльные оценки, которые априори считаются значениями случайных величин [2–3]. После этого применяются методы корреляционного анализа, критерии согласия, строятся рейтинговые системы оценки знаний обучающихся и мастерства

преподавателей. Для прогноза показателей успеваемости обучающихся традиционно применяются классические регрессионные модели, а в качестве исходной информации выступают оценки «2», «3», «4», «5», поставленные в соответствии лингвистическим значениям «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично». При построении этих моделей возникают те же некорректности, что и при построении рейтинговых систем контроля знаний, поскольку используемые оценки являются элементами порядковой шкалы, в которой некорректны все арифметические операции.

Как показывает практика, для обработки данных, полученных в результате измерения знаний, психофизиологических и характерологических особенностей учащихся, некорректно применять модели, разработанные для обработки физических величин. Это может приводить к неустойчивым и неадекватным действительности конечным результатам [4–5].

Устранить подобные проблемы, возникающие при обработке нечисловой информации образовательного процесса, позволяет современный математический аппарат на основе теории нечетких множеств. В последние годы разработаны модели [6–8] на основе этого аппарата, которые на практике доказали не только свою жизнеспособность, но и эффективность.

Одной из основных проблем, стоящих при построении этих моделей, является формализация полученной информации, т.е. представление ее в виде, позволяющем применять аппарат теории нечетких множеств.

В настоящей работе предлагается метод формализации информации образовательного процесса, который обобщает метод, изложенный в [9], и позволяет алгоритмизировать его, существенно сократив время реализации.

Рассмотрим данные, полученные в результате оценивания экзаменатором знаний обучающихся по предмету  $X$ . В качестве формализаций будут использоваться нечеткие

переменные, составляющие в совокупности полное ортогональное семантическое пространство.

*Нечеткой переменной* называется тройка

$$\{X, U, \tilde{A}\},$$

где  $X$  – название переменной;

$U$  – область ее определения (универсальное множество);

$\tilde{A}$  – нечеткое множество универсального множества, описывающее возможные значения нечеткой переменной.

*Полным ортогональным семантическим пространством* (ПОСП) называется семантическое пространство, функции принадлежности термов которого  $\mu_l(x), l = \overline{1, m}$  удовлетворяют следующим требованиям [2]:

1. Для каждого понятия  $X_l, l = \overline{1, m}$  существует  $\hat{U}_l \neq \emptyset$ , где  $\hat{U}_l = \{x \in U : \mu_l(x) = 1\}$  есть точка или отрезок.

2. Пусть  $\hat{U}_l = \{x \in U : \mu_l(x) = 1\}$ , тогда  $\mu_l(x), l = \overline{1, m}$  не убывает слева от  $\hat{U}_l$  и не возрастает справа от  $\hat{U}_l$ .

3.  $\mu_l(x), l = \overline{1, m}$  имеют не более двух точек разрыва первого рода.

4. Для каждого  $x \in U \sum_{l=1}^m \mu_l(x) = 1$ .

Предполагается, что оценивание знаний осуществляется в рамках вербальной шкалы с уровнями  $X_l, l = \overline{1, m}, m \geq 2$ , упорядоченными по возрастанию интенсивности проявления. Уровни используемой вербальной шкалы однозначно задают терм-множество ПОСП –  $T(X) = \{X_1, X_2, \dots, X_m\}$ . В качестве универсального множества ПОСП с названием  $X$  выбирается  $U = [0, 1]$ . Точка  $x = 0$  соответствует полному отсутствию проявления знаний по предмету  $X$  и поэтому считается типичной точкой терма  $X_1$ , точка  $x = 1$  соответствует полному присутствию проявления знаний по предмету  $X$  и поэтому считается типичной точкой терма  $X_m$ .

Обозначим относительные частоты появления обучающихся, у которых интенсивность проявления знаний по предмету  $X$  оценена уровнями  $X_l, l = \overline{1, m}$ , соответственно через

$$a_l, l = \overline{1, m}, \sum_{l=1}^m a_l = 1.$$

Функции принадлежности терм-множества ПОСП будут построены в треугольном или трапецеидальном виде таким обра-

зом, чтобы ограниченные ими и осью абсцисс площади фигур равнялись  $a_l, l = \overline{1, m}$ .

Обозначим  $\min(a_1, a_2)$  через  $b_1$ ,  $\min(a_{l-1}, a_l, a_{l+1}), l = 2, m-2$  через  $b_l, l = 2, m-2$ , а  $\min(a_{m-1}, a_m)$  через  $b_{m-1}$ .

Тогда

$$\mu_1(x) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x \leq a_1 - \frac{b_1}{2} \\ 1 - \frac{x - (a_1 - \frac{b_1}{2})}{b_1}, & a_1 - \frac{b_1}{2} < x \leq a_1 + \frac{b_1}{2} \\ 0, & a_1 + \frac{b_1}{2} < x \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_l(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq \sum_{i=1}^{l-1} a_i - \frac{b_{l-1}}{2} \\ 1 + \frac{x - (\sum_{i=1}^{l-1} a_i + \frac{b_{l-1}}{2})}{b_{l-1}}, & \sum_{i=1}^{l-1} a_i - \frac{b_{l-1}}{2} < x \leq \sum_{i=1}^{l-1} a_i + \frac{b_{l-1}}{2} \\ 1, & \sum_{i=1}^{l-1} a_i + \frac{b_{l-1}}{2} < x \leq \sum_{i=1}^l a_i - \frac{b_l}{2} \\ 1 - \frac{x - (\sum_{i=1}^l a_i - \frac{b_l}{2})}{b_l}, & \sum_{i=1}^l a_i - \frac{b_l}{2} < x \leq \sum_{i=1}^l a_i + \frac{b_l}{2} \\ 0, & \sum_{i=1}^l a_i + \frac{b_l}{2} < x \leq 1 \end{cases}$$

$$l = \overline{2, m-2},$$

$$\mu_{m-1}(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq \sum_{i=1}^{m-2} a_i - \frac{b_{m-2}}{2} \\ 1 + \frac{x - (\sum_{i=1}^{m-2} a_i + \frac{b_{m-2}}{2})}{b_{m-2}}, & \sum_{i=1}^{m-2} a_i - \frac{b_{m-2}}{2} < x \leq \sum_{i=1}^{m-2} a_i + \frac{b_{m-2}}{2} \\ 1, & \sum_{i=1}^{m-2} a_i + \frac{b_{m-2}}{2} < x \leq 1 - a_m - \frac{b_{m-1}}{2} \\ 1 - \frac{x - (1 - a_m - \frac{b_{m-1}}{2})}{b_{m-1}}, & 1 - a_m - \frac{b_{m-1}}{2} < x \leq 1 - a_m + \frac{b_{m-1}}{2} \\ 0, & 1 - a_m + \frac{b_{m-1}}{2} < x \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_m(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq 1 - a_m - \frac{b_{m-1}}{2} \\ 1 + \frac{x - (1 - a_m + \frac{b_{m-1}}{2})}{b_{m-1}}, & 1 - a_m - \frac{b_{m-1}}{2} < x \leq 1 - a_m + \frac{b_{m-1}}{2} \\ 1, & 1 - a_m + \frac{b_{m-1}}{2} < x \leq 1 \end{cases}$$

Подобное представление оценок проявления знаний обучающихся позволяет привести все данные к единому виду независимо от того, какие шкалы были использованы для их оценивания. Единственным требованием является то, что эти шкалы являются порядковыми, что в общем-то всегда и подразумевается.

Работа выполнена при поддержке гранта программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2006–2008 гг.)» Министерства образования и науки Российской Федерации.

#### Библиографический список

1. Айвазян, С.А. Прикладная статистика. Основы моделирования и первичная обработка данных / С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 471 с.
2. Панин, М. Морфология рейтинга / М. Панин // Высшее образование в России. – 1998. – № 1. – С.90–94.
3. Мельничук, О. Модель специалиста (К вопросу о гуманизации образования) / О. Мельничук, А. Яковлева // Высшее образование в России. – 2000. – № 5. – С. 19–25.
4. Борисов, А.Н. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьева и др. – М.: Радио и связь, 1989. – 304 с.
5. Полещук, О.М. О применении аппарата теории нечетких множеств в задачах обработки информации образовательного процесса / О.М. Полещук // Вестн. Моск. гос. ун-та леса – Лесной вестник. – 2003. – № 3(28). – С. 164–169.
6. Домрачев, В.Г. Применение методов нечеткого кластерного анализа для улучшения качества проверки экзаменационных работ / В.Г. Домрачев, Е.Г. Комаров, О.М. Полещук и др. // КБД –Инфо – 2005: Материалы научно-практической конференции. – Сочи. – 2005. – С. 224–226.
7. Домрачев, В.Г. Формирование предметных комиссий по приему экзаменов на основе нечеткого кластерного анализа / В.Г. Домрачев, Е.Г. Комаров, О.М. Полещук и др. // Телематика – 2005: труды Всероссийской научно-методической конференции. – С-Пб., 2005. – Т. 1. – С. 277–279.
8. Комаров, Е.Г. Определение рейтинговых оценок абитуриентов при нечеткой исходной информации / Е.Г. Комаров, О.М. Полещук, Н.Г. Поярков // КБД –Инфо – 2005. Материалы научно-практической конференции. – Сочи. – 2005. – С. 221–224.
9. Полещук, О.М. Методы представления экспертной информации в виде совокупности терм-множеств полных ортогональных семантических пространств / О.М. Полещук // Вестн. Моск. гос. ун-та леса – Лесной вестник. – 2002. – № 5(25). – С. 198–216.

## О РОЛИ ПРАВИТЕЛЬСТВА И ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОРГАНОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВЛАСТИ В ОРГАНИЗАЦИИ ВОЕННОЙ ПОДГОТОВКИ И В ПОДГОТОВКЕ ОФИЦЕРОВ ЗАПАСА ИЗ ЧИСЛА СТУДЕНТОВ ГРАЖДАНСКИХ ВУЗОВ

В.С. БОЧАРОВ, *Административный департамент Правительства Российской Федерации*

Потенциал высшей школы с момента ее образования во все периоды истории государства активно использовался для комплектования армии и флота. В императорской России в первой половине XIX в. вольноопределяющиеся, в число которых входило значительное количество выпускников вузов, составляли до 75 % общей численности офицерского корпуса. Лица с высшим образованием в массовом порядке использовались также в качестве военных врачей и военных чиновников.

В дореволюционное время в России специальной системы военного обучения студентов в высших учебных заведениях не существовало, необходимый курс военной выучки выпускники высшей школы приобретали непосредственно при прохождении службы в войсках в течение трех или шести месяцев.

Военная подготовка студентов вузов является важнейшим источником комплектования мобилизационных ресурсов страны. С экономической точки зрения это наиболее целесообразный путь подготовки офицерского резерва.

Кроме того, на современном этапе реформирования Вооруженных Сил значительное количество выпускников высших учебных заведений, прошедших обучение по программам подготовки офицеров запаса, призываются в войска для прохождения службы на должностях младшего офицерского состава. По информации военной печати, данная категория преобладает на первичных офицерских должностях – командиров взводов и им равных. Службу бывшие студенты проходят во всех регионах России, включая так называемые «горячие точки», и от уровня их подготовки в значительной степени зависит успешность выполняемых воинскими частями и подразделениями служебно-боевых задач.

Анализ роли Правительства и Федеральных органов исполнительной власти в

период становления основ военной подготовки студентов в высших учебных заведениях обусловлено необходимостью повышения качественных параметров подготовки офицерских кадров для Вооруженных Сил и необходимостью определения эффективных путей ее совершенствования.

Так, после окончания гражданской войны (1918–1921 гг.) перед Правительством СССР стояла задача хозяйственного восстановления страны, что в свою очередь предопределило значительное сокращение военных расходов численности Вооруженных Сил и проведение военной реформы (1924–1925 гг.).

18 сентября 1925 г. был принят «Закон об обязательной военной службе». Это был первый общесоюзный закон об обязательном несении военной службы всеми гражданами страны в возрасте от 19 до 40 лет. В соответствии с законодательством было решено комплектовать дивизии Рабоче-крестьянской Красной Армии (РККА) двух типов – кадровые и территориальные. В кадровых дивизиях личный состав нес службу постоянно в течение всего срока службы. В территориальных дивизиях рядовые несли службу способом сборов, в течение 5 лет их ежегодно призывали на сборы длительностью несколько месяцев. Командный состав в территориальных дивизиях нес службу непрерывно. Это позволяло территориальным дивизиям в течение года обучать четыре состава рядовых.

Готовить резервы командного состава таким образом было неприемлемым в связи со сложностью этой формы подготовки и большими экономическими затратами.

Резкое сокращение численности Вооруженных Сил привело к необходимости использования возможностей гражданской высшей школы для подготовки как кадровых офицеров, так и командных кадров запаса.

На основе предложения, подготовленного М.В. Фрунзе, постановлением ЦИК и СНК от 20 августа 1926 г. в вузах и техникумах вводилась высшая допризывная военная подготовка студентов (ВДВП): «В целях сокращения срока непрерывной службы в кадровом составе РККА граждан, окончивших высшие учебные заведения и техникумы, а также облегчения подготовки из них среднего начальствующего состава и квалифицированных работников предприятий военного времени признать необходимым ввести в вузах и техникумах высшую допризывную подготовку начиная с 1926–1927 уч. г.».

Постановление обязывало создавать в вузах и техникумах военные кабинеты, которые возглавляли военруки учебных заведений.

13 августа 1930 г. был принят новый Закон об обязательной военной службе, в соответствии с которым в высших учебных заведениях вводилась высшая вневойсковая подготовка студентов. В статье 160 Закона указывалось: «Трудящиеся, обучающиеся в высших учебных заведениях и техникумах, проходят высшую вневойсковую подготовку. Эта подготовка является действительной военной службой и заменяет для них срочную службу в кадрах».

Возрастание военной опасности в середине 30-х гг. XX в. заставило отказаться от территориально-кадрового принципа комплектования войск и перейти к полностью кадровой армии. В соответствии с этим летом 1937 г. Правительство СССР приняло решение о подготовке студентов к действительной военной службе в звании рядовых.

Допризывная военная подготовка вводилась постепенно. В высших учебных заведениях должны были завершить обучение студентов набора 1936 и 1937 гг. по предыдущим программам военной подготовки и только после этого приступить к обучению по новой программе. Набор 1936 г. выпускался в 1938 г., а 1937 г. – в 1939 г. С этого же года студенты второго курса приступили к изучению программы допризывной военной подготовки.

Программа по военной подготовке была введена приказом Всесоюзного комите-

та по делам высшей школы при СКОС СССР № 442 от 5 августа 1939 г. Впоследствии этот вид военной подготовки студентов был закреплён законом «О всеобщей воинской обязанности», принятым Верховным Советом СССР 1 сентября 1939 г. К военному обучению привлекались все студенты – мужчины и женщины, независимо от возраста и годности к военной службе. В статье 77 главы VIII «О начальной и допризывной подготовке молодежи» Закона указывалось: «Допризывную военную подготовку проходят... студенты высших учебных заведений, за исключением прошедших действительную службу».

Приказом Всесоюзного комитета по делам высшей школы при СНК СССР (ВКВШ) № 442 от 5 августа 1939 г. «О мероприятиях по улучшению военной подготовки в вузах» было указано организовать в крупных учебных заведениях военные кафедры. Главным управлениям учебных заведений (ГУУЗ) наркоматов необходимо было представить на утверждение в ВКВШ списки вузов, в которых должны были быть организованы военные кафедры и кандидатуры на замещение должностей начальников военных кафедр. Во всех остальных вузах руководство военной подготовкой требовалось возложить на одного из старших преподавателей – военного руководителя, кандидатура которого утверждалась ГУУЗами наркоматов и ведомств.

Этим же приказом утверждалась представленная отделом вузов обороны и оборонной промышленности программа военной подготовки студентов вузов.

С началом Великой Отечественной войны боевые действия по защите государства приняли крайне напряженный характер. В 1941 г. было мобилизовано 75 % всех офицеров запаса, значительную часть которых составляли выпускники вузов. В стране возникла необходимость массовой подготовки военно-обученных резервов для фронта.

В связи с этим 17 сентября 1941 г. Государственный комитет обороны принял постановление «О всеобщем обязательном обучении военному делу граждан СССР».



Для организации и руководства военной подготовкой населения было создано Главное управление всеобщего военного обучения (Всевобуч), которое возглавил генерал-майор Н. Пронин. В военных округах, в областных, краевых и республиканских военных комиссариатах образовывались отделы Всевобуча, в штаты районных военных комиссариатов вводились по 2–3 инструктора Всевобуча. Военная подготовка в системе Всевобуча проводилась в объеме 110 часов и охватывала всех граждан мужского пола от 16 до 50 лет.

Для высших учебных заведений в октябре 1941 г. совместным приказом Главного управления всеобщего военного обучения НКО СССР и Всесоюзного комитета по делам высшей школы при СНК СССР было утверждено положение «Об организации военной подготовки студентов высших учебных заведений в 1941/42 уч. г.».

Опыт использования офицерских кадров, получивших первоначальное военное образование в стенах гражданских учебных заведений, в годы Великой Отечественной войны показал, что на военных кафедрах вузов целесообразно осуществлять не только первичное военное обучение студентов, но и подготовку офицерских кадров. Совет Народных Комиссаров СССР своим постановлением № 413 от 13 апреля 1944 г. утвердил Положение о военной подготовке студентов высших учебных заведений. Ее основными целями являлись:

- воспитание студенческой молодежи в духе беззаветной любви к Родине и преданности советской власти;
- подготовка дисциплинированного, физически крепкого и выносливого, овладевшего военным делом офицерского состава запаса Красной Армии;
- подготовка студентов, признанных негодными к строевой службе, а также студентов для несения тыловой и вспомогательной технической службы в Красной Армии.

Руководство военной подготовкой студентов возлагалось на Народный комиссариат обороны СССР и Комитет по делам высшей школы при Совнаркомом СССР. Они

же определяли правила военной подготовки в каждом вузе и разрабатывали учебные программы, которые утверждались Председателем ВКВШ при СНК СССР и командующим (начальником) соответствующего рода войск.

Система подготовки офицеров запаса на военных кафедрах в послевоенные годы развивалась с учетом коренных изменений в военном деле. В этот период начинается процесс технического перевооружения Вооруженных Сил, на оснащение армии и флота начинает поступать принципиально новая боевая техника.

Рост технической оснащенности войск потребовал серьезного улучшения подготовки военных кадров, технически грамотных, умелых, стойких морально и психологически. Развитие военного дела предъявляло повышенные требования и к подготовке офицерских кадров запаса.

Поиск эффективных способов военного обучения студентов совпадал с поисками средств улучшения работы высшей школы в целом. В 1958–1963 гг. правительство страны приняло ряд мер по улучшению качественного состава студентов вузов.

Постановление Совета Министров СССР от 28 мая 1958 г. устанавливало преимущество при зачислении в высшую школу для лиц с двухлетним стажем работы на производстве или прошедших действительную военную службу. Обучаемые этой категории своим серьезным подходом к учебе и жизни укрепляли студенческие коллективы, устанавливали в них более серьезное и ответственное отношение к военной подготовке, которая была обязательной для всех студентов-мужчин.

Кроме того, в целях повышения качества обучения, эффективности полевой выучки и физической закалки студентов занятия на военных кафедрах рекомендовалось проводить методом «военного дня». При этом каждый учебный взвод студентов прибывал на занятия по военной подготовке один раз в неделю на целый день. Эти меры давали возможность проводить длительные (продолжительностью 6 часов) занятия в поле, улучшить практическую выучку будущих офицеров. Дополни-

но к плановым занятиям предусматривалась двухчасовая самостоятельная подготовка студентов, тренировки по строевой, огневой, физической подготовке, мероприятия политико-воспитательной работы.

В 1959 г. эти подходы к организации подготовки офицеров запаса были изложены Министерством обороны СССР в «Указаниях по проведению военной подготовки в вузах и средних специальных учебных заведениях».

С этого времени руководство Вооруженных Сил начинает целенаправленно работать с военными кафедрами, регулярно разрабатываются руководящие документы по организации их деятельности. С 1964 г. учебно-методическая работа на кафедрах стала определяться новой «Инструкцией по проведению военной подготовки студентов на военных (военно-морских) кафедрах, циклах (отделениях) гражданских высших и средних специальных учебных заведений».

Новый этап в развитии военной подготовки студентов начался в 1967 г., когда был принят новый Закон СССР о всеобщей воинской обязанности. Закон сократил на один год срок действительной военной службы, ввел начальную военную подготовку молодежи, разрешил призыв в армию на 2–3 года молодых офицеров запаса.

В то же время Закон (статья 61) предусматривает возможность призыва молодых офицеров запаса из числа выпускников гражданских учебных заведений на действительную военную службу в мирное время сроком на 2–3 года. Офицеры, подготовленные в гражданских вузах, приобретут в войсках армейскую закалку и необходимый опыт практической работы по военной специальности. Эта мера имела большое значение для повышения обороноспособности страны и накопления резерва военных кадров».

Предусмотренная Законом возможность призыва выпускников военных кафедр на действительную военную службу сроком на 2–3 года потребовала существенного совершенствования деятельности кафедр по разработке эффективных мер улучшения качества военного обучения студентов.

Поскольку значительная часть офицеров запаса стала призываться в Вооруженные Силы после окончания вуза, Министерство обороны СССР и Министерство высшего и среднего специального образования СССР стали уделять больше внимания деятельности военных кафедр. В 1968 г. были введены в действие новые «Организационно-методические указания по планированию и проведению военной (военно-морской) подготовки студентов, курсантов и учащихся высших и средних специальных гражданских учебных заведений», которые впоследствии уточнялись и переиздавались в новой редакции в 1975 г. и 1985 г.

В связи с потребностями мощных Вооруженных Сил СССР в офицерском составе, в его резервах количество военных кафедр к 90-м годам по сравнению с 40-ми годами возросло вдвое.

К 1990 г. в структуру военной подготовки входил 441 гражданский вуз, в них осуществлялось обучение по всем командным, инженерно-техническим и административно-хозяйственным профилям, включая ряд специальностей, по которым в высших военных учебных заведениях подготовка не проводилась. Военные кафедры обеспечивали ежегодное воспроизводство более 100 тыс. офицеров запаса, необходимых как для резерва, так и для кадровых формирований всех видов Вооруженных Сил СССР.

Общий уровень военно-профессиональной подготовки офицеров запаса по ряду наукоемких военно-учетных специальностей соответствовал уровню подготовки офицеров-выпускников военно-учебных заведений. Материальные затраты государства на подготовку одного офицера запаса были в 4–5 раз ниже, чем на подготовку соответствующего кадрового офицера в военном учебном заведении.

В связи с изменившейся общественно-политической обстановкой в стране на рубеже 80–90-х гг. начался пересмотр руководящих документов по организации военного обучения студентов высших учебных заведений.

В Положении о военной подготовке студентов по программам подготовки офицеров запаса, утвержденном в 1990 г., закреплялся

добровольный принцип прохождения военной подготовки на основе заключения контракта между Министерством обороны и студентом; предусматривалась выплата дополнительной стипендии студентам, успешно осваивающим программу военной подготовки (25 % надбавки от базовой вузовской стипендии студентам, прошедшим срочную службу в войсках, и 15 % надбавки к стипендии студентам, не прошедшим такой службы); частично изменялось содержание программ подготовки офицеров запаса (вместо курса партийно-политической работы вводился курс воспитательной работы с личным составом).

При распаде СССР в Российской Федерации осталось 252 высших учебных заведения, при которых имелись военные кафедры.

К 2000 году военное обучение студентов проводилось при 241 гражданском учебном заведении по 266 военно-учетным специальностям, ежегодный выпуск офицеров запаса составлял более 55 тыс. человек. Обучением на военных кафедрах было охвачено более 217 тыс. человек, из них – 187,3 тыс. мужчин и около 30 тыс. женщин.

В связи со сложным социально-экономическим положением Вооруженных Сил в настоящее время наблюдается массовый отток из нее военнослужащих контрактной службы, особенно офицеров первичного звена «расчет, взвод, рота». Для восполнения текущего некомплекта офицеров в этом звене активно используются ресурсы военных кафедр гражданских вузов. По состоянию на 2003 г. до 40 процентов должностей командиров взводом в отдельных округах укомплектованы офицерами-выпускниками военных кафедр гражданских вузов.

В современных условиях обучение по программам подготовки офицеров запаса на военных кафедрах проходят граждане, обучающиеся в высших учебных заведениях по очной форме, годные по состоянию здоровья к военной службе, отвечающие требованиям, установленным Федеральным Законом «О воинской обязанности и военной службе», и заключившие с Министерством обороны Рос-

сийской Федерации контракт об обучении по программе подготовки офицеров запаса на военной кафедре и о прохождении после получения воинского звания офицера военной службы по призыву продолжительностью 24 месяца в порядке, установленном этим законом. Гражданин, не заключивший такой контракт, не может обучаться на военной кафедре.

Обучение студентов по программам подготовки офицеров запаса является частью добровольной подготовки граждан к военной службе и осуществляется в высших учебных заведениях, перечень которых утверждается Правительством Российской Федерации. Оно включается в государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования как дополнительная образовательная программа.

Военная подготовка базируется на знаниях, получаемых студентом в вузе, и рассчитана на 450 часов аудиторных занятий на военной кафедре. Кроме этого, студенты в течение 30 суток проходят учебные сборы или стажировки в воинских частях. Учебные сборы являются завершающим этапом обучения студентов по программам подготовки офицеров запаса. К учебным сборам допускаются студенты, прошедшие курс обучения на военной кафедре и сдавшие установленные зачеты и экзамены по программам подготовки офицеров запаса. В период прохождения учебных сборов или стажировок на студентов распространяются права и обязанности призванных на военные сборы, установленные законодательством Российской Федерации

По завершении учебных сборов студенты сдают государственный выпускной экзамен.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 14.11.1999 г. № 1255 функции руководства военным обучением студентов распределены между несколькими субъектами управления.

На органы управления Министерства обороны возложено:

– разработка государственных образовательных стандартов, квалификационных требований, программ подготовки офицеров

запаса и методик обучения по каждой военно-учетной специальности;

- организация и проведение со студентами учебных сборов в войсках,

- обеспечение военных кафедр вооружением, боеприпасами, военной техникой, автомобильным транспортом, горюче-смазочными материалами, учебной литературой и другим имуществом,

- ремонт, монтаж и наладка вооружения, военной техники и автомобильного транспорта военной кафедры;

- обеспечение работ, связанных с транспортировкой вооружения, техники и имущества военной кафедры, проведение мероприятий горного и промышленного надзора и метрологического обеспечения;

- осуществление контроля за обучением студентов по программам подготовки офицеров запаса и соблюдением на военной кафедре государственной тайны.

Министерство образования определяет в учебных планах образовательных программ вузов порядок обучения студентов по программам подготовки офицеров запаса и создает для этого необходимые условия.

Ректор вуза несет персональную ответственность за организацию обучения студентов по программам подготовки офицеров запаса, создание необходимой учебно-материальной базы для военной кафедры, обеспечение сохранности вооружения и военной техники, соблюдение государственной тайны. Кроме того, ректор обеспечивает выделение необходимого количества учебных часов для военного обучения студентов, в том числе для приема экзаменов и зачетов и на подготовку к ним, организует регулярное обсуждение на заседании ректората и ученого совета вуза состояния обучения студентов по программам подготовки офицеров запаса.

Для координации деятельности педагогических коллективов военных кафедр по вопросам методики обучения, повышения эффективности и качества учебного процесса и выработки рекомендаций по их совершенствованию при одном из вузов может созда-

ваться учебно-методическое объединение, а по группам военно-учебных специальностей учебно-методические советы, в состав которых включаются наиболее квалифицированные специалисты из числа профессорско-преподавательского состава военных кафедр, представители видов Вооруженных Сил, родов войск. Их деятельность регламентируется положениями, разрабатываемыми и утверждаемыми Министерством образования.

Учебно-методическое объединение вузов по военному обучению студентов было создано в сентябре 1991 г.

Его основными задачами являются:

- участие в разработке проектов нормативных документов, определяющих организацию и порядок обучения студентов вузов по программам подготовки офицеров запаса;

- выработка предложений по совершенствованию структуры и содержания учебных программ;

- разработка и экспертиза учебно-методической документации, необходимой для обеспечения учебно-воспитательного процесса на военных кафедрах;

- рецензирование подготовленных на военных кафедрах к изданию рукописей учебников и учебных пособий;

- проведение конференций, семинаров и совещаний по проблемам военного обучения студентов.

Учебно-методические советы по военному обучению студентов по направлениям подготовки видов Вооруженных Сил, родов войск были созданы приказом Государственного комитета СССР по народному образованию от 26.09.1991 г. № 423. Их общее количество – 24, а функции в основном аналогичны функциям учебно-методического объединения только в рамках своей специализации.

Обобщая вышесказанное, можно сказать, что основы современной системы подготовки офицеров запаса были заложены до начала Великой Отечественной войны и в дальнейшем эволюционировали в соответствии с потребностями государства, которые отразились в правовых и нормативных доку-

ментах различных органов государственной власти. Результатом сложившейся военно-профессиональной подготовки студентов в учреждениях высшего профессионального образования можно считать добровольное военное обучение на контрактной основе с возможным прохождением военной службы по призыву на первичных офицерских должностях сроком два года.

Новый этап развития нашего государства, несомненно, предполагает реформирование организации военной подготовки в системе высшего профессионального образования в новых условиях. Важно, чтобы при принятии новых правовых актов Правительством и Федеральными органами исполнительной власти сохранилась «эволюционность» реформирования военного обучения.

---



---

## НАУЧНО-СТРАНОВЕДЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ СТУДЕНТОВ

17 апреля в нашем университете прошла научно-страноведческая конференция студентов 1 курса кафедры перевода и переводоведения.

Она была подготовлена доцентом, ответственной за первый курс Уваровой Татьяной Павловной. На мероприятии присутствовали преподаватели кафедры: О.В. Литовченко и Т.Ю. Черемухина.

Открывая конференцию, темой которой стали неизвестные факты о англоязычных странах, Т.П. Уварова отметила, что ее цель не только обогатить знания участников, расширить их кругозор, но и дать будущим переводчикам возможность выступить перед аудиторией на изучаемом языке: попрактиковаться в устной речи, перебороть волнение, то есть пройти проверку на профпригодность.

На конференции прозвучало 14 докладов, 12 из которых подготовили студенты группы РП-11, доказавшие, что по праву считаются лучшими на своем курсе.

Все преподаватели оценили высокий уровень подготовки выступавших. Действительно, не будет преувеличением сказать, что докладчики блестяще справились со своей задачей, хотя требования к ним были довольно жесткими: студенты не только выступили с устным сообщением, но и представили рефераты, уровень которых почти соответствовал уровню курсовой работы.

Хочется особо отметить всех выступивших на конференции: Костылева Алена, Кос-мачева Ксения, Юдаева Ольга, Казакова Евгения, Семенова Ольга, Петрушков Павел, Назарова Ирина, Ключко Елена, Петросян Мария, Григорьев Александр, Полетаева Наталья, Струкова Алена – РП-11; Верина Елена, Дружинина Елена – РП-12

Большой интерес аудитории вызвали доклады всех участников, ведь они осветили малоизвестные, удивительные, а иногда и таинственные факты из жизни выдающихся людей англоговорящих стран: знаменитых политиков, писателей, по-

этов, актеров, ученых, таких как Билл Гейтс, Вивьен Ли, Айсидора Дункан, Уинстон Черчилль, Вильям Йейтс, Льюис Керролл, Шон Коннери, Никола Тесла, Элтон Джон, Джордж Вашингтон и Элвис Пресли. Выступающие познакомили своих однокурсников со славной историей, древними легендами и поверьями, и необычными традициями стран, входящих в состав Соединенного Королевства: Англии, Шотландии, Уэльса.

Для участников конференции это было первое публичное выступление, своеобразная репетиция перед экзаменом, которая должна была показать успехи, достигнутые почти за год обучения. Помимо этого, студентам, отвечая на вопросы, предстояло продемонстрировать навыки устной спонтанной английской речи.

Конференция прошла в дружеской, непринужденной, но в то же время рабочей атмосфере, в чем немаловажная заслуга Т.П. Уваровой и О.В. Литовченко, а также самих докладчиков, постаравшихся сделать свое выступление как можно интересней и насыщенней. Они приготовили стенды с иллюстрациями к сообщениям, во время которых звучала музыка и были показаны фрагменты из кинофильмов. В аудитории не осталось равнодушных, пассивных слушателей, все включились в активное обсуждение затронутых вопросов. Подобные мероприятия уже стали доброй традицией нашей кафедры, они проводятся ежегодно среди студентов всех курсов. Хочется верить, что все первокурсники, прекрасно зарекомендовавшие себя, продолжат работу и еще не раз выступят на студенческих конференциях. Как говорится, «a great ship asks deep waters – большому кораблю большое плаванье».

Выражаем благодарность отделу технических средств обучения за предоставление оборудования для проведения конференции.

Юдаева Ольга, студентка гр. РП-11

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В УСТРОЙСТВАХ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА

А.Н. ШУЛЬЦ, доц. каф. физики МГУЛ, канд. техн. наук

### 1. Введение

Максимально достижимый теплоперенос в тепловых трубах (ТТ) рассчитывается по упрощенным моделям, не учитывающим процессы гетерогенно-гомогенной объемной конденсации в паровом потоке. Недостаточно изучено влияние процессов вдува-отсоса на гидродинамику течения влажного пара, влияние неконденсируемых газов (НКГ) на гидродинамику и теплообмен в торце конденсатора. Практически отсутствуют работы по исследованию процессов запуска ТТ из замороженного состояния теплоносителя. Большинство экспериментальных работ по исследованию теплопереноса в ТТ основано на применении термодатчиков измерений температуры стенок зон теплообмена, что значительно ограничивает объем полученной информации. Для моделирования процессов запуска высокотемпературных ТТ (теплоноситель – натрий) нами была разработана и осуществлена методика экспериментального исследования состояния парового потока с помощью оптических средств контроля на основе приборов: интерферометра Маха-Цендера, теневого прибора Теплера, лазерного оптического светового «ножа». Выявлены механизмы переноса тепла, массы и импульса в плоском канале низкотемпературной ТТ. Основные результаты проведенных экспериментов опубликованы в [1–2]. Показано, что увеличение удельных тепловых нагрузок усиливает роль процессов объемной конденсации на теплоперенос, а процессы вдува-отсоса формируют устойчивые вихревые структуры в зонах испарения и конденсации. Основной перенос массы и импульса парокapельного потока происходит в пределах границ вихревых структур. Движение капель, происходящее в поле аэродинамических и гравитационных сил, приводит к неравномерному расходу

конденсированной фазы на теплообменные поверхности конденсатора. Интенсификация теплопереноса может быть успешно решена только при условии учета всей совокупности факторов, влияющих на максимально достижимый теплоперенос. В [4] обоснован термодинамический подход к проблеме интенсификации теплопереноса на основе понятия эксергии (часть тепла, которую можно использовать для получения механической работы). В [5, 6] предлагается изменить схему парожидкостного тракта для получения холодильного эффекта. Однако эти предложения не исчерпывают все возможности построения новых принципиальных схем ТТ, обладающих высокими теплофизическими характеристиками и потребительскими качествами. Последовательный и по возможности более полный учет всех механизмов теплопереноса в ТТ лежит в основе построения новых высокоэффективных устройств для утилизации низкопотенциального тепла.

### 2. Механизмы теплопереноса, не учитываемые в расчетных моделях

#### 2.1. Гидродинамика парового потока

Оптические средства контроля состояния парового потока не искажают рабочий процесс в ТТ. Интерферограммы течения пара в плоской низкотемпературной ТТ (ацетон) выявили распределение плотности и степени пересыщения (рис. 1) пара в поперечных сечениях, теневой метод – ядро потока, фотографии – капли и их треки [1–2]. Изучение треков капель в испарителе (при  $q_{\text{н}} \approx 1 \text{ Вт/см}^2$ ) выявило существование устойчивых поперечных вихрей ( $z$ -валы) с размерами  $\sim 1/3$  поперечного сечения канала. Визуализировалось синусоидальное движение ядра потока вдоль испарителя в пределах границ вихревых структур. В конденсаторе были обнаружены продольные вихри

(X-валы). В торце конденсатора визуализировалась обширная зона крупномасштабного вихревого течения, вдоль границ которой происходил основной массоперенос (результат совместного изучения теневых снимков и фотографий треков частиц). Треки капель по мере уменьшения скорости ядра потока показали выпадение их на нижнюю теплообменную поверхность конденсатора. Неравномерный расход конденсированной фазы на поверхности испарителя отразился в результатах обработки интерферограмм (рис. 2).

### 2.2. Структура парового потока

В большинстве работ принимается модель равновесного парового потока, замороженного по отношению к фазовым переходам. Реальная картина не подтверждается экспериментом.

Интерферограммы позволили определить распределение степени пересыщения пара (рис.1) в поперечных сечениях плоской ТТ [2]. Метод светового «ножа» выявил наличие жидкой фазы в потоке. По количеству и размеру капель оценивалась сухость пара  $x_0$  и влажность  $(1-x_0)$ . Формировалось ядро потока, на оси которого влажность и степень пересыщения возрастали по ходу потока (рис. 1).

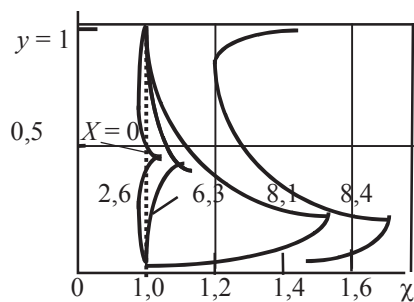


Рис. 1. Экспериментально измеренное распределение степени пересыщения парового потока в различных сечениях ТТ;  $\chi = P/P_s$ ,  $y = y/\delta$ ,  $x = x/\delta$ , теплоноситель – ацетон,  $Re = 460$ ,  $Re_r = 30$

Процесс теплопереноса в ТТ необходимо рассматривать как ряд последовательно реализующихся метастабильных состояний парового потока, при которых возможно появление новых устойчивых фаз, соответствующих  $r_{кр}$ . Фазы, для которых  $r < r_{кр}$ , являются неустойчивыми и в процессе теплопереноса

разрушаются. Образование новой фазы может происходить на готовых зародышах-ядрах, внесенных в объем парового потока, например, каплях теплоносителя, выброшенных при испарении из фитильной структуры. Такой процесс в соответствии с определением в [2, 3] будем называть гетерогенной объемной конденсацией. При отсутствии посторонних ядер, когда центры конденсации образуются непосредственно в пересыщенном паре в результате гетерофазных флуктуаций, наблюдается гомогенная объемная конденсация [3]. Возможны переходные режимы, в которых имеет место гетерогенно-гомогенная объемная конденсация.

Большую роль в организации готовых ядер конденсации играют процессы испарения. Повышение удельной тепловой нагрузки в испарителе может привести к термокапиллярной и барокапиллярной неустойчивости межфазной поверхности и выбросу капель из мениска пор фитиля.

Выявленные в эксперименте градиенты оптической неоднородности (рис. 2) отражают процессы вдува-отсоса на теплообменных поверхностях.

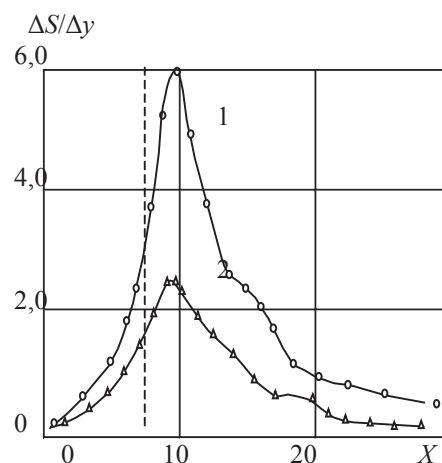


Рис. 2. Оценка процессов вдува при  $T_n = const$ . Режим по рис.1: изменение градиентов оптических неоднородностей вдоль фитиля ТТ; 1 –  $y = 0$ , 2 –  $y = 1$ ; выход их испарителя  $x = 7,6$ ,  $\Delta S/\Delta y$ , 1/мм

Существенное различие в удельных тепловых потоках на верхней и нижней поверхностях теплообмена подтверждено измерениями теплового баланса в установке [2].

### 3. Физические механизмы интенсификации теплопереноса

#### 3.1. Взаимодействие струй на межфазной границе

Встречное движение пара и жидкого теплоносителя в ТТ и термосифонах (ТС) традиционного исполнения вызывает касательные напряжения на межфазной границе, направленные против потока жидкости. Данное явление затягивает запуск ТТ, а в некоторых случаях приводит и к его срыву. Согласно [3], с увеличением тепловой нагрузки обратный расход жидкости в открытых капиллярах может в пять раз превышать прямой. Следовательно, изменение знака касательных напряжений повышает расход жидкого теплоносителя в шесть раз.

Кроме того, образование капиллярных волн на открытой межфазной поверхности при достижении критерия Вебера  $We = (\rho_n v_n^2 \lambda) / (2\pi\sigma) > 1$  приводит к уносу жидкости в паровой поток и паразитной рециркуляции теплоносителя. Перестройка парожидкостного тракта с целью организации спутных струй пара и жидкости исключает эту проблему.

#### 3.2. Термодинамический подход к проблеме интенсификации теплопереноса

Максимально достижимый теплоперенос в ТТ ограничен капиллярными силами фитиля, покрывающими все виды потерь давления в парожидкостном тракте. Можно создать механический насос, дополнительный к капиллярному, работающему за счет внешнего теплоподвода. В [4] изложен метод интенсификации теплопереноса за счет использования эксергетических ресурсов парового потока. Суть метода заключается в создании циркуляционного контура в ТТ, преобразующего часть теплосодержания пара в кинетическую энергию парового потока, которая затем преобразуется в кинетическую энергию жидкости, движущейся к испарителю.

Теплота обладает низким качеством с точки зрения преобразования ее в механическую форму. Это качество оценивается эксергией – той части теплосодержания пара,

которая способна совершить механическую работу. Долю эксергии в теплосодержании пара можно оценить так:  $\eta = \Delta T / T_n$ , где  $\Delta T = T_n - T_k$ . В процессе запуска и выхода на стационарный режим эксергетические ресурсы уменьшаются ( $\Delta T \rightarrow 0$  в ТТ и ТС традиционных схем исполнения).

Механическая работа, совершаемая паром в ТТ, не может превосходить работу идеального цикла Карно

$$\delta A = (dV/dT)_{p=\text{const}} (T_n - T_k) (P_n - P_k),$$

где  $(dV/dT)_{p=\text{const}} = \alpha V_0$ ;

$\alpha$  – температурный коэффициент объемного расширения.

Для двухфазных сред внутри метастабильной области определить  $\alpha$  невозможно.

Степень неравновесности процесса в ТТ зависит от интенсивности вдува-отсоса, градиентов скоростей фаз, дисперсности среды, начальных и граничных условий. Кроме того, скорости различаются, что приводит к дополнительным потерям на трение, выделению тепла и, соответственно, росту энтропии. Очевидно, что в этих условиях необходимо рассматривать политропический процесс  $PV^n = \text{const}$ , в котором термодинамический показатель  $n$  учитывает степень неравновесности и необратимости процесса. Истинный показатель политропы равен отношению потенциальной и термодинамической работ, определяемому в  $P$ - $V$  – координатах

$$n = dW/dL = - (VdP)/(PdV).$$

Для процессов, характеризующихся постоянством одного из параметров состояния (в нашем случае целесообразно принять температуру), выражение истинного показателя политропы имеет вид

$$n_T = - (V/P) \left( \partial P / \partial V \right)_T.$$

Реальный процесс может протекать с переменным показателем политропы в диапазоне изменения параметров от  $P_n$  до  $P_k$ . В этом случае воспользуемся методом осреднения, рекомендуемым в [7], и примем

$$\langle n \rangle = \frac{\ln(P_k / P_n)}{\ln(V_k / V_n)} = \frac{\ln(P_k / P_n)}{\ln(\rho_k / \rho_n)}, \quad (1)$$



где параметры процесса с индексами и-к можно попытаться определить экспериментально по результатам расшифровки интерферограмм течения влажного пара в ТТ, [2].

Согласно [8], получим

$$L = \frac{-\langle n \rangle}{(\langle n \rangle - 1)} RT_u (m / \mu) [(P_k / P_u)^{\langle n \rangle - 1} - 1], \quad (2)$$

где  $(P_k / P_u) < 1$ , значит, работа положительна.

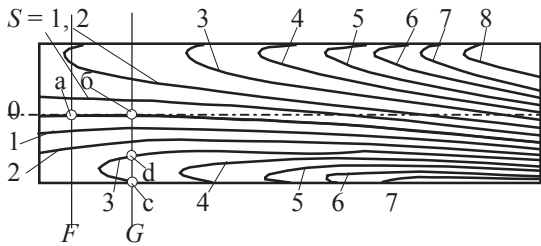


Рис. 3. Интерференционные линии в зоне испарения ТТ. Настройка интерферометра Маха-Цендера на полосу бесконечной ширины. Разности фаз  $S, 0, 1, \dots - 8$ , режим рис.1)

На рис. 3 представлена интерферограмма процесса в зоне испарения ТТ. Область, заключенная между линиями  $F$  и  $G$ , соответствует условию  $T = \text{const}$  по результатам термпарных измерений. В этой же области методом светового «ножа» выявлены поперечные вихри. Линия  $a-b$  совпадает с осью ТТ, интерференционной линией  $S = 0$  и ядром потока. Вдоль этой линии  $\rho = \text{const}$ , а градиент давления отрицателен  $(\partial P / \partial X) < 0$ , (пар движется вправо). Расчет по (1) дает  $\langle n \rangle = -\infty$ , что соответствует изохорическому процессу. Линия  $c-d$  находится в области вдува и пересекает интерференционную линию с  $S = 3$ . В точках  $c$  и  $d$  имеем  $\rho_c = \rho_d$  и  $P_c = P_d$  (восстановление давления за счет торможения потока в области вдува). Расчет по (1) для этих точек дает  $\langle n \rangle = 0$ , что соответствует изобарическому процессу.

Приведенные выше оценки показывают, что они неверно отражают характер процессов в выбранных областях. Следует с большой осторожностью пользоваться формулой (1) для оценки истинного показателя политропы по фрагментам неравновесного процесса и тем более переносить эти результаты на всю область неравновесных процессов в ТТ.

Для решения поставленной задачи необходимо из эксперимента получить информацию более общего характера о процессе. В методике расчета двухфазных потоков безразмерный комплекс  $kM^2$  непосредственно вытекает из уравнения энергии, выраженного в безразмерной форме, при условии, если скорость звука записана в виде  $a^2 = k(P/\rho)$ . Показатель изоэнтропы  $k$  учитывает сжимаемость неподвижной среды, а число  $M$  – сжимаемость движущейся среды с данным  $k$ . Таким образом, комплекс  $kM^2$  трактуется как обобщенный безразмерный параметр, учитывающий сжимаемость среды в двухфазных средах.

Следовательно, необходимо дополнить эксперименты, проведенные в работе [2], определением скорости звука. Методика эксперимента основана на возбуждении стоячих акустических волн в рабочей среде и в техническом отношении не представляет особых трудностей [7].

Расчетным путем можно оценить показатель политропы следующим образом [7]. Равновесное расширение пара энергетически выгоднее для получения механической работы. Для такого процесса показатель изоэнтропы

$$n = (k_p / \chi) \times (1 - \zeta).$$

Для неравновесного процесса, в котором отсутствуют потери энергии и все обменные процессы, показатель изоэнтропы имеет вид

$$n = (k_n / \chi_n) \times (1 - \zeta_n),$$

где  $\chi_n$  – отношение элементарных изменений удельных объемов в предельно неравновесном и предельно равновесном процессах.

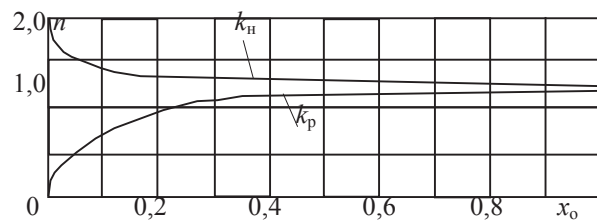


Рис. 4. Зависимость показателя изоэнтропы от степени сухости  $x_0$

Рабочий процесс в ТТ происходит при  $\varepsilon = (P_{\kappa}/P_{\Pi}) = (P_{\Pi} - S \cdot \Delta P_{\text{кап}})/P_{\Pi}$ , где  $(S \cdot \Delta P_{\text{кап}}) \ll P_{\Pi}$ . В пределе при  $\varepsilon \rightarrow 1$

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 1} k_n = \frac{x_0 - (1-x_0)V_g/V_n}{x_0/k_n + (1-x_0)V_g/(k_g V_n)} \quad (3)$$

Эксперименты [2] выявили наличие жидкой фазы в паровом потоке. Как правило, это капли, выброшенные из фитиля зоны испарения. Сухость пара при этом понижается  $x_0 = (m - m')/m$  в пределах 3–6 %. При отсутствии объемной конденсации в паровом потоке можно принять  $x_0 = 1$ . Тогда, согласно (3), в приближении  $x_0 \rightarrow 1$  можно считать, что показатель изоэнтропы неравновесного процесса  $k_n$  равен показателю изоэнтропы пара  $k_{\Pi}$  на линии насыщения при подходе со стороны однофазной области, рис. 4.

В этом случае можно заменить истинный показатель политропы  $\langle n \rangle$  в уравнении (1) на показатель изоэнтропы  $k_{\Pi}$ .

Определенная таким образом работа  $L$  может быть использована для оценки подъема жидкости на высоту  $h_3$ , так как  $\delta A = m_{\text{ж}} g h_3$ . Капиллярный потенциал выразим из  $P_{\kappa} = \rho_{\text{ж}} g h_{\kappa} = 2\sigma \cos \alpha / (R_{\text{эф}})$ . Так как в ТТ циркулирует одна и та же масса, то отношение эксергетического потенциала  $g h_3$  к капиллярному  $g h_{\kappa}$  найдем из

$$\frac{h_3}{h_{\kappa}} = \frac{k_n R T_u R_{\text{эф}} \rho_{\text{ж}}}{(k_n - 1) \mu 2\sigma \cos \alpha} \left[ \left( \frac{P_{\kappa}}{P_u} \right)^{\frac{k_n - 1}{k_n}} - 1 \right]$$

Оптимизация рабочего процесса в ТТ производится по условию, что половина капиллярного напора идет на покрытие потерь в паре, другая – на потери в жидкости. На основании этого производилась оценка  $(h_3/h_{\kappa})$ , таблица.

Т а б л и ц а

Теплоноситель вода (H <sub>2</sub> O), $k_n = k_{\Pi} = 1,33$ , $R_{\text{эф}} = 50 \text{ Ч } 10^{-6} \text{ м}$ , $0,6 < x_0 < 1$ .		Теплоноситель аммиак (NH <sub>3</sub> ), $k_n = k_{\Pi} = 1,3$ , $R_{\text{эф}} = 50 \text{ Ч } 10^{-6} \text{ м}$ , $0,6 < x_0 < 1$ .	
$T, \text{ К}$	$h_3/h_{\kappa}$	$T, \text{ К}$	$h_3/h_{\kappa}$
293	40635	250	245
313	10483	270	103
333	3699	290	49
353	1684	310	24
373	815	330	16,7

При запуске жидкометаллических ТТ из замороженного состояния теплоносителя расчетные оценки по данной формуле показывают, что  $(h_3/h_{\kappa}) \gg 1$ . Данное обстоятельство объясняет причину срыва запуска, осушение испарителя и значительный перегрев стенок. Для ТТ с низкотемпературными теплоносителями при работе вблизи капиллярных ограничений  $(h_3/h_{\kappa}) \geq 1$ .

Механизм преобразования энергии пара в кинетическую энергию жидкости основан на влиянии касательных напряжений на межфазных поверхностях открытых капиллярных канавок. Данное явление можно оценить критерием Вебера:

$We = (\rho_{\Pi} v^2 \cdot \lambda) / (2\pi\sigma) = [(1 - \xi) S \cdot \Delta P_{\text{кап}} \lambda] / (2\pi\sigma)$ , где  $\xi$  – учитывает потери давления в паре на трение.

Длина капиллярной волны  $\lambda$  выбиралась равной  $4d_{\text{пор}}$ , согласно экспериментальным данным ФЭИ, [3]. Оптимизация параметров ТТ по условию  $S \cdot \Delta P_{\text{кап}} = \Delta P_{\Pi}$  обеспечивает  $W > 1$  при значениях  $\xi \leq 0,7$ .

Из таблицы 1 следует, что эксергетические ресурсы в ТТ достаточны для работы механического насоса, компенсирующего потери капиллярного напора в конденсаторе. Для точной оценки требуется экспериментальное определение КПД такого насоса.

### 3.3. Влияние полей массовых сил

Капиллярный потенциал фитиля  $g h_{\kappa}$ , как правило, меньше гравитационного  $g h_{\Gamma}$  и недостаточен для подъема жидкости на высоту ТТ. Вращение вокруг оси создает поле центробежных сил, которое при соответствующем профилировании канала вызывает появление центробежного ускорения  $\omega^2 R$ , компенсирующего гравитационное. При вертикальном расположении оси ТТ можно полностью скомпенсировать гравитационные силы по условию  $g \cos \alpha = \omega^2 R \sin \alpha$ , где  $\alpha$  – угол наклона стенки к оси. При горизонтальном положении вращение ТТ вызовет появление массовых сил, создающих дополнительный к капиллярному движущий перепад давления. Экспериментальные исследования влияния вращения ТТ на тепло-

массообмен выявили увеличение коэффициентов испарения и конденсации. Появляется сепарационный эффект, способствующий удалению капель жидкой фазы из парового потока и равномерному расходу конденсированной фазы на теплообменные поверхности конденсатора. Уменьшается гидростатический перегрев теплоносителя, облегчается его дегазация. Кроме того, интенсифицируется внешний теплообмен на ребренных поверхностях испарителя и конденсатора.

### 3.4. Фазовые переходы в электрическом поле

В переохлажденном паре в результате флуктуаций постоянно происходит образование комплексов различных размеров  $r$  из нескольких молекул и их испарение. Если в результате электрического разряда комплекс поглотит электрон, то он скачкообразно переходит в новое качество. Скорость зародышеобразования из таких комплексов гораздо выше. Они быстрее достигают размеров, больше критических  $r > r_{кр}$ , растут по ходу потока и способствуют возникновению гомогенной объемной конденсации при относительно небольших степенях пересыщения. Данное явление целесообразно использовать для интенсификации процесса конденсации пара в конденсаторе вращающихся ТТ.

### 3.5. Роль бинарных смесей для получения новых теплофизических свойств ТТ

Бинарные смеси, состоящие из хладагента и абсорбента, позволяют получить холодильный эффект в ТТ [6]. Хладагентом могут быть: аммиак, метиламин, вода и др. Для каждого из них в качестве абсорбента могут быть выбраны соответственно: вода, хлористый литий, бромистый литий.

Новые теплофизические свойства ТТ можно получить на основе следующих решений

- пароструйной холодильной машины, [5].
- абсорбционной холодильной машины непрерывного действия.

Энергетически более выгоден второй вариант. Бинарные смеси для таких машин имеют следующие особенности:

- 1) при кипении раствора пары состоят главным образом из легкокипящего агента;
- 2) теплый жидкий раствор абсорбирует пары легкокипящего агента с более низкой температурой при том же давлении.

Термодинамическое равновесие растворов вытекает из первого закона Коновалова, согласно которому при постоянной температуре раствора давление пара увеличивается с возрастанием концентрации того компонента, который содержится в большем количестве в паровой фазе.

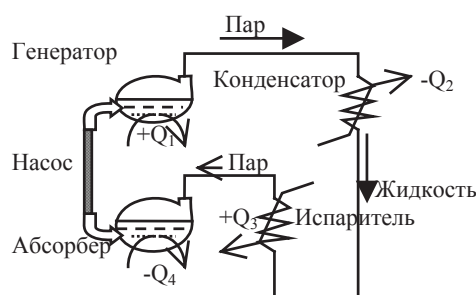


Рис. 5. Принципиальная схема термодинамического расчета абсорбционной холодильной ТТ

По своей теплофизической природе ТТ идеально подходит для данного решения. Роль насоса жидкой фазы в этом случае выполняют:

- капиллярные силы фитиля,
- эксергетические ресурсы парового потока,
- массовые силы от гравитационного поля и поля центостремительных сил.

### 4. Решение проблем утилизации низкопотенциальных тепловых ресурсов

Все известные к настоящему времени низкопотенциальные тепловые ресурсы можно представить как совокупность двух категорий:

- 1) низкопотенциальные тепловые ресурсы естественной среды;
- 2) низкопотенциальные тепловые ресурсы ноосферы [5].

По Вернадскому, под ноосферой подразумевается часть среды, преобразованной

человеком. Выделим из ТР самые распространенные и значительные по суммарному тепловому эквиваленту. Из них в первую очередь следует выделить суммарный охлаждающий импульс атмосферного воздуха; во вторую – ТР выхлопных газов автомобильного транспорта. Утилизировать выделенные ТР можно с помощью предлагаемых далее технических решений. Принцип построения пароструйной холодильной машины на основе ТТ защищен патентом РФ и описан в [5, 6].

**5. Выводы**

ТТ представляет собой термодинамически неравновесную систему.

Рост удельных тепловых нагрузок сопровождается вторжением теплоносителя в глубь области метастабильного состояния. При этом усиливается роль процессов гомогенной нуклеации (флуктуационного происхождения), которые обеспечивают протекание таких динамических явлений как взрывообразное вскипание теплоносителя, неустойчивость межфазных границ, спонтанную гомогенно-гетерогенную объемную конденсацию в паровом потоке. Негативное влияние этих процессов можно значительно ослабить изменением схемы парожидкостного тракта, конструкции фитилей, воздействием на рабочую среду полями различной физической природы.

Концепция построения новых принципиальных схем устройств для утилизации низкопотенциальных тепловых ресурсов заключается в выполнении следующих условий:

1) организация спутных струй пара и жидкого теплоносителя во всех зонах теплообмена;

2) использование эксергетических ресурсов парового потока в конденсаторе для преобразования кинетической энергии пара в дополнительный к капиллярному движущий перепад давления в жидкости за счет влияния касательных напряжений на межфазной поверхности в открытых капиллярных канавках;

3) использование полей массовых сил от гравитации и от вращения устройства вокруг оси для получения дополнительного к капиллярному движущего перепада давления в жидкости;

4) введение в паровой тракт бинарных смесей для получения цикла абсорбционной холодильной машины;

5) использование влияния электрических полей на интенсификацию процессов тепло- и массообмена в конденсаторе;

6) применение конструкции фитиля по принципу обратно-менискового испарения.

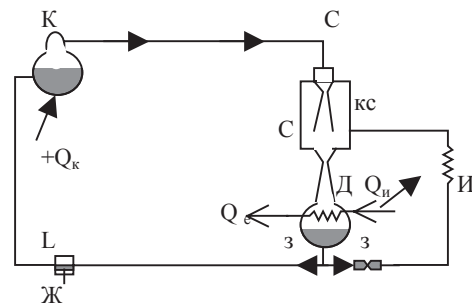


Рис. 6. Принципиальная схема термодинамического расчета пароструйной ТТ с холодильным эффектом: К – котел; С – сопло; C/Кс – камера смешения; Д – диффузор; И – испаритель; Е – конденсатор; З – капиллярный затвор испарителя; Ж – капиллярный насос котла – абсорбера, или насос другой природы; L – механическая работа насоса;  $Q_k$  – теплоподвод к кипятивнику;  $Q_n$  – теплоподвод к испарителю;  $Q_e$  – теплоотвод из конденсатора

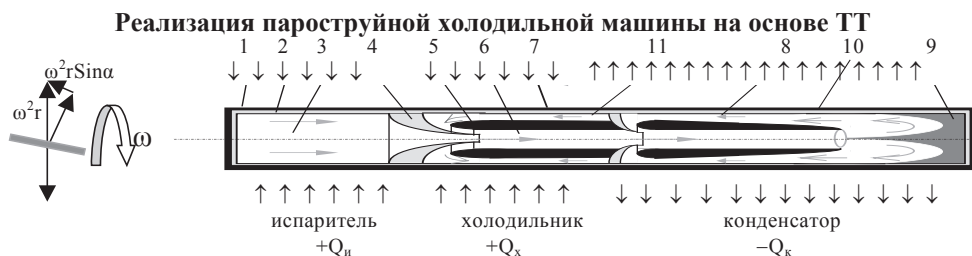


Рис. 7. Принципиальная схема модифицированной тепловой трубы с холодильным эффектом: 1 – корпус; 2 – фитиль; 3 – испаритель; 4 – сопло эжектора; 5 – осесимметричная вставка; 6 – камера смешения; 7 – конденсатор; 8 – сопловой аппарат инжектора; 9 – диффузор; 10 – капиллярные канавки специальной формы; 11 – холодильная камера; → – направление движения пара;  $\omega = (2\pi n)/60$ ;  $\alpha$  – угол между осью ТТ и поверхностью фитиля

**Принципиальная схема термосифона для замораживания грунта**

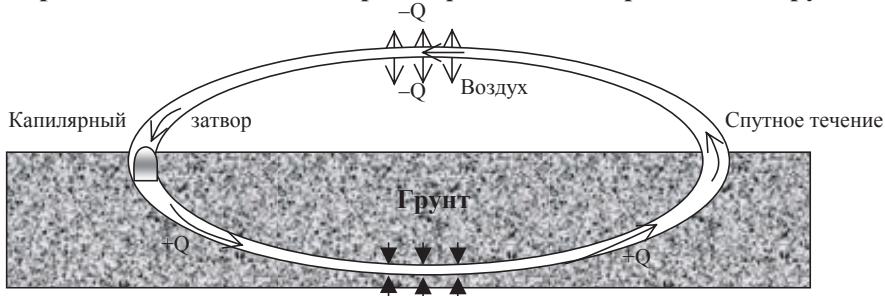


Рис. 8. Термосифон для замораживания грунта со спутным течением пара и жидкости. Гидрозатвор – регулятор  $\Delta P = \rho_{ж}gh(y)$ , где  $0 < h < h_{max}$

**Реализация абсорбционной холодильной машины на базе ТТ**

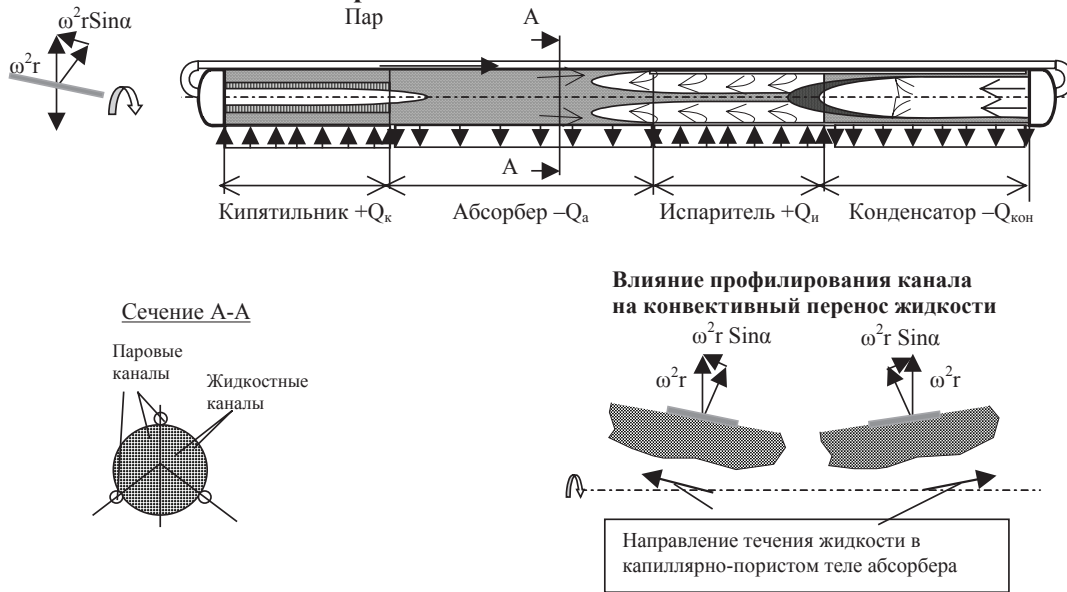


Рис. 9

**6. Список обозначений**

$\delta Q, \delta A$  – неполные дифференциалы удельного теплоподвода и удельной «механической работы», Дж/кг;

$C_v$  – молярная теплоемкость, Дж/(моль  $\times$  К).

**Библиографический список**

1. Быстров, П.И. О физических механизмах переноса тепла, массы и импульса. Часть 1. Гидродинамика парового потока / П.И. Быстров, А.И. Ивлютин, В.Н. Харченко и др. // ИФЖ. – Т. 60. – 1991. – № 1. – С. 5–12.
2. Шульц, А.Н. Механизмы переноса тепла, массы и импульса в испарительно-конденсационных теплообменниках / А.Н. Шульц // Лесной вестник. – 2000. – № 2(11). – С. 32–38.
3. Ивановский, М.Н. Физические основы тепловых труб / М.Н. Ивановский, В.П. Сорокин, И.В. Ягодкин. – М.: Атомиздат. – С. 67–68.
4. Шульц, А.Н. Экспериментальное исследование механизмов теплопереноса в паровом потоке тепловых труб: автореферат дисс. ... канд. техн. наук / А.Н. Шульц. – М., 1990. – 22 с.
5. Шульц, А.Н. Мониторинг низкопотенциальных тепловых ресурсов и решение проблем их утилизации / А.Н. Шульц // ТР 3-ей РНКТ. – М.: Изд-во МЭИ, 2002. – С. 131–133.
6. Шульц, А.Н. Новые перспективы использования тепловых труб в народном хозяйстве / А.Н. Шульц // Лесной вестник. – 2002. – № 1(21). – С. 47–50.
7. Дейч, М.Е. Газодинамика двухфазных сред / М.Е. Дейч, Г.А. Филиппов. – М.: Энергия, 1968. – 422 с.
8. Абрамович, Г.Н. Прикладная газовая динамика. Издание 3-е / Г.Н. Абрамович. – М.: Наука, 1969. – С. 31–32.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В НЕРАВНОВЕСНОМ ПАРОВОМ ПОТОКЕ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ

А.Н. ШУЛЬЦ, доц. каф. физики МГУЛ, канд. техн. наук

Для решения поставленной задачи был спроектирован и создан стенд для исследования оптических неоднородностей в парожидкостном тракте плоской модели НТТ в соответствии с рис. 1. Основным прибором для регистрации оптических неоднородностей был интерферометр Маха – Цендера ИТ-244 производства ЛОМО. Рабочее поле прибора имело диаметр 70 мм. Компенсационная камера позволяла регулировать оптический ход опорного луча. Тонкая настройка осуществлялась набором стеклянных пластин и оптическим клином. В данном приборе предусмотрен второй интерферометр для проведения четырехлучевой интерферометрии. Прибор легко перестраивался в теневой

прибор Теплера. Опорный пучок перекрывался, а в фокусе предметного светового пучка устанавливался «нож» Фуко. Подсветка интерферометра производилась источником света ЛГ-52 с  $\lambda = 0,6328$  мкм.

Визуализация методом оптической световой «нож» осуществлялась с помощью источника интенсивного монохроматического света ЛГН 404А, длина волны которого  $\lambda = 0,45 \pm 0,035$  мкм. Плоскость светового «ножа» формировалась системой линз и коллиматором. Толщина «ножа» устанавливалась равной 2 мм. По вертикали размер светового «ножа» был меньше размера канала рабочего участка на 2 мм, что исключало блики от отраженного света.

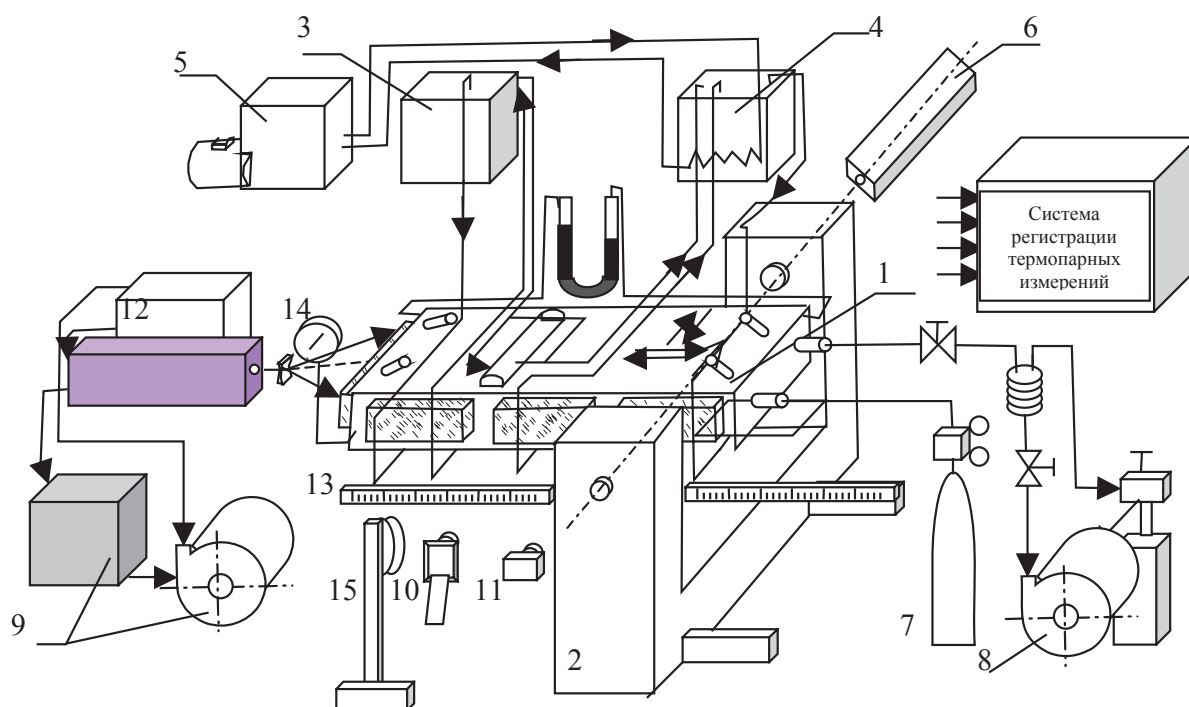


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки по визуализации оптических неоднородностей в паровом потоке тепловых труб: 1 – рабочий участок – низкотемпературная тепловая труба; 2 – интерферометр Маха-Цендера; 3, 4 – термостаты; 5 – насос термостатов; 6 – гелий-неоновый лазер; 7 – газ, аргон (подпитка НТТ неконденсируемым газом); 8 – вакуумный насос; 9 – система охлаждения аргонового лазера; 10 – видеокамера; 11 – фотоаппарат; 12 – аргоновый лазер; 13 – линейка; 14 – манометр; 15 – скоростной фоторегистратор [1]

**Рабочий участок** выполнен в виде плоского канала с размерами: длина канала  $L = 535$  мм, ширина  $H = 145$  мм, высота  $\delta = 18$  мм. Отношение ширины канала к высоте составляло  $H/\delta = 8$ , что соответствует формированию плоского течения и минимальному искажению плоскостного течения от краевых эффектов [5, 6]. На рис. 2 представлена принципиальная схема рабочего участка, выполненного из нержавеющей стали. Верхняя и нижняя плиты покрыты фитилем из нержавеющей сетки саржевого плетения с эффективным радиусом пор  $R_{\text{эф.}} \approx 50$  мкм.

Обе плиты имели по два щелевых зазора. Верхний зазор использовался для теплоподвода прокачкой теплоносителя из термостатов. Нижний зазор предусмотрен для регулировки теплопроводности плит. Изменением давления и сорта газа в зазоре регулировалась теплопроводность плиты до необходимых значений.

Контроль температуры парового потока производился подвижным термопарным зондом. Поступательное движение зонда и его вращение позволяли определить распределение температуры пара в выбранных сечениях парового канала. Вынос королька термопары относительно оси зонда составлял 30 мм. В области пограничного слоя перемещение термопары контролировалось микрометром. Момент касания термопары с фитилем регистрировался по короткому замыканию королька термопары с корпусом НТТ. После измерений зонд убирался в конец конденсатора. Термопарные измерения в паровом потоке регистрировались измерительной системой на основе микровольтметра Щ-68000. Тепловой баланс по зонам регистрировался расходомерами и термопарами. Их показания записывались потенциометрами КСП-4.

Окна рабочей модели были снабжены электрическими нагревателями. Подогрев окон предотвращал запотевание стекол в рабочем процессе. Искажения окон из-за термических напряжений контролировались интерферометром.

Рабочий участок перемещался относительно неподвижного интерферометра с

помощью координатника. Перемещения регистрировались в плоскости рабочих окон интерферометра.

**Установка модели.** Угловое положение модели НТТ в рабочем объеме интерферометра чрезвычайно важно для всех методов визуализации, описанных выше. Правильная установка модели позволяет минимизировать погрешности, обусловленные дифракционными явлениями от краев модели [2–4, 7].

Установка углового положения модели осуществляется проще и точнее по наблюдениям увеличенной интерференционной картины на стенке, образующейся вследствие дифракционной интерференции. Сначала перекрывается сравнительный луч. Затем модель наклоняется в сторону наблюдателя так, чтобы была видна нижняя плоскость фитиля канала НТТ. Аккуратно поворачивая модель в обратную сторону к первоначальному положению, можно найти положение, при котором светлая линия сливается с изображением контура стенки и появляется характерная для полубесконечной плоскости дифракционная картина с первым главным максимумом около стенки. Если теперь открыть сравнительный пучок, то появится смещенное по фазе изображение картины дифракционной интерференции, на которой первый от стенки главный максимум виден еще яснее. Регулировка по такому методу обеспечивает точность установки

$$\gamma = 0,5 \text{ Ч } 10^{-3} \text{ рад.}$$

**Особенности фокусировки.** При прохождении рабочего участка параллельный пучок измерительного плеча отклоняется на небольшой угол относительно оптической оси. Волновые фронты после этого остаются параллельными, и интерференционная картина соответствует картине, образованной мнимым клином. В зависимости от положения плоскости фокусировки происходит «искажение изображения». Плоскость фокусировки необходимо располагать в центре рабочего участка. Тогда минимальны искажения изображения и оптимален интерференционный контраст.

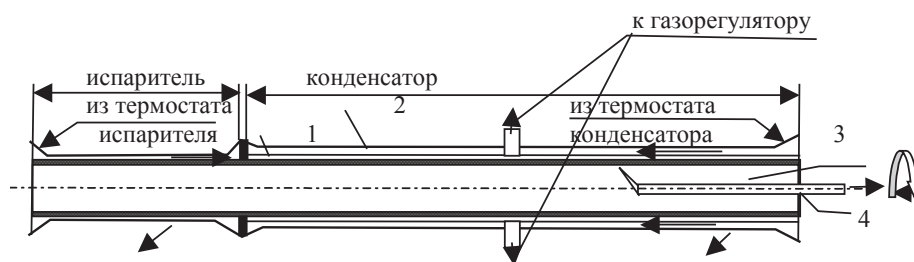


Рис. 2. Принципиальная схема плоской модели ТТ: 1 – фитиль; 2 – газовый зазор; 3 – паровой канал, термопарный зонд [1]

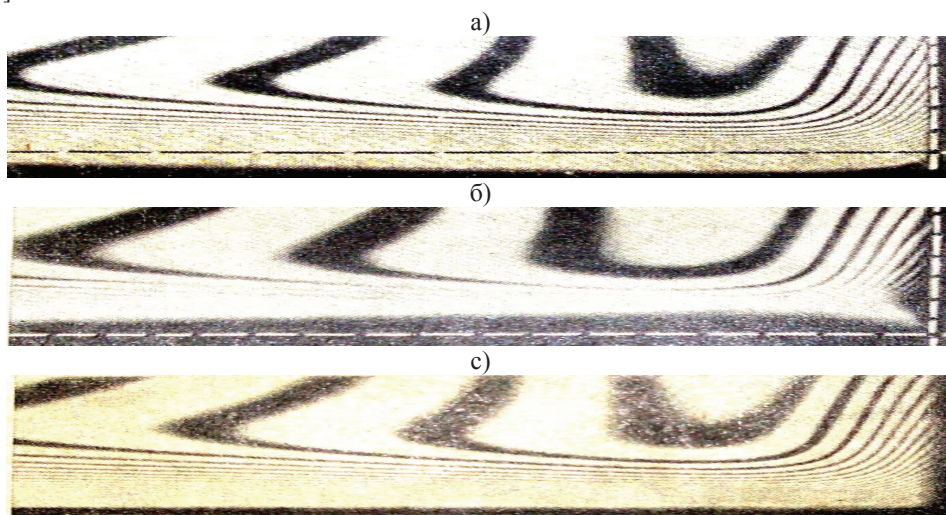


Рис. 3. Влияние фокусировки на интерференционный контраст в рабочей модели НТТ: а) плоскость фокусировки расположена во входном сечении рабочего участка и пересекает интерференционное поле мнимого клина перед его осью, если смотреть в направлении распространения светового пучка; б) плоскость фокусировки находится за пределами рабочего участка и пересекает интерференционное поле мнимого клина на большом расстоянии за его осью; низкий интерференционный контраст, наблюдается каустическая линия; с) ось клина находится в плоскости фокусировки в середине рабочего участка; оптимальный интерференционный контраст [4]

**Настройка интерферометра.** Интерферометр, настроенный на полосу *бесконечной ширины*, очень чувствителен к внешним воздействиям. Настройка может сбиваться под действием вибраций, изменений комнатной температуры. Для предотвращения сбоев настройки необходимо жестко фиксировать положение рабочего участка и интерферометра относительно друг друга. Однако такая настройка обеспечивает высокую точность метода. Интерферограмма легко расшифровывается как поле одинаковой оптической плотности и без особых затруднений сопоставляется с характером протекающих в ТТ процессов. Выбор теплоносителя для НТТ играет в этом случае большую роль. Если рабочий процесс создает интерференционную картину с оптической разностью хода менее

пяти полос  $S \leq 5$ , то целесообразно пользоваться настройкой интерферометра на конечное число полос.

Погрешности настройки на полосу бесконечной ширины аддитивно накладываются на получаемую интерферограмму. Если погрешность  $\Delta S \approx 0,1(1/8\lambda)$ , то соответствующие порядки интерференции будут равны  $S 0,1; 1,1; \dots$  и так далее. Эта погрешность менее существенна при большом количестве полос.

Интерференционная картина при настройке на *полосы конечной ширины* выглядит совсем иначе. Ее трудно сразу сопоставить с характером протекающих в ТТ процессов. Волновой фронт (эйконал) измерительного пучка, который пересекают наклонные плоские волновые фронты сравнительного пучка, создает искривлен-



ные интерференционные полосы во всей области снимка. Рабочий процесс в ТТ создает градиенты оптических неоднородностей в каждой точке объема парожидкостного тракта. По этой причине исчезает возможность привязать первоначальную интерференционную картину, настроенную на определенную плотность полос  $1/b$  в невозмущенной области, с интерференционной картиной, возникающей в рабочем процессе. Из такой интерферограммы получить надежные количественные данные невозможно.

Тем не менее в некоторых случаях, можно получить полезную информацию и при такой настройке. Так, например, если перед запуском ТТ установить полосы параллельно плоскости вдува-отсоса, то при медленном возрастании тепловой нагрузки можно проследить динамику развития процесса по возникающим изменениям интерференционной картины. Деформации интерференционных линий будут происходить сильнее в тех местах, где выше интенсивность процессов вдува-отсоса. Привязку для обработки интерферограммы в этом случае можно взять из областей слабо возмущенных, к которым относится начало зоны испарения и конец конденсатора.

Если перед запуском установить полосы перпендикулярно стенкам ТТ, то при медленном возрастании тепловой нагрузки можно проследить за формированием ядра пото-

ка, установить области повышенной плотности и динамику их развития. Но в этом случае для привязки интерферограммы нет ни одной области. Однако качественная картина, получаемая в обоих случаях, весьма полезна.

При малых удельных тепловых нагрузках либо при применении теплоносителей с малым коэффициентом преломления  $n \leq 1,0004$  следует воспользоваться методом многолучевой интерферометрии. Так, например, введение второго интерферометра (четырёхлучевая интерферометрия) повышает чувствительность метода на порядок.

#### Библиографический список

1. Шульц, А.Н. Экспериментальное исследование механизмов тепломассопереноса в паровом потоке тепловых труб: автореферат дисс. ... канд. техн. наук / А.Н. Шульц. – М.: 1990. – 22 с.
2. Schardin H., Die Schlierenverfahren und ihre Anwendungen, in "Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften", Bd 20, Springer, Berlin, 1942, S. 303-439.
3. Kennard R. B., An optical method for measuring temperature distributions and convective heat transfer, *Bur. Std. Res.*, № 8, 1932. 787-805
4. Хауф, В. Оптические методы в теплопередаче / В. Хауф, У. Григуль. – М.: Мир, 1973. – 240 с.
5. Дейч, М.Е. Газодинамика двухфазных сред / М.Е. Дейч, Г.А. Филиппов. – М.: Энергия, 1968. – 422 с.
6. Сивухин, Д.В. Общий курс физики. Оптика: учебное пособие. – 2-е изд., испр. / Д.В. Сивухин. – М.: Наука, 1985. – 752 с.
7. Hannes H., Interferometrische Messung der thermischen Energie von elektrischen Funken, *Forsch. Geb. Wes.*, №29, (1963). 169-175 p.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЙ АППАРАТ ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫМИ МЕТОДАМИ

Е.А. КУЗНЕЦОВА, доц. каф. физики МГУЛ, канд. физ.-мат. наук,

В.А. КАРАВАЕВ, проф. каф. общей физики физ. фак-та МГУ им. М.В. Ломоносова, д-р физ.-мат. наук,

М.К. СОЛНЦЕВ, доц. каф. биофизики физ. фак-та МГУ им. М.В. Ломоносова, канд. физ.-мат. наук,

Д.Ю. ШКОЛЬНИКОВ, студент физ. фак-та МГУ им. М.В. Ломоносова

Регуляторы роста эффективно применяют для повышения продуктивности, ускорения роста и развития различных растений, в том числе и декоративных. Важную информацию об изменениях физиологического со-

стояния растений под действием регуляторов роста дают люминесцентные методы [1].

В данной работе исследованы термолюминесценция (ТЛ), спектры флуоресценции (СФ) и медленная индукция флуоресцен-

ции (МИФ) листьев гибридной сирени *Syringa vulgaris*, относящейся к трудноукореняемым культурам, черенки которой перед посадкой были обработаны индолил-масляной кислотой (ИМК), цирконом или корневином. Кроме того, исследованы ТЛ и МИФ листьев клена серебристого *Acer saccharinum*, черенки которого перед посадкой обрабатывались теми же регуляторами, а также препаратом рибав-экстра. Известно, что под действием ИМК возрастает укореняемость побегов, ускоряется рост и развитие растений [2]. Циркон представляет собой смесь оксикоричных кислот и также способствует укоренению черенков растений [3]. Препарат корневин содержит ИМК и другие полезные добавки, стимулирует рост корней у черенков, рассады, луковиц. Рибав представляет собой комплекс биологически активных веществ, производимых микроорганизмами, выделенными из корней женьшеня, улучшает приживаемость всех видов культур при пересадках.

Черенки сирени и клена замачивали в водных растворах стимуляторов в течение 16 ч. Концентрации растворов составляли: ИМК – 30 мг/л, циркона – 1 мл/л, корневина – 500 мг/л, рибав-экстра – 0,1 мл/л. Проростки выращивали в Ивантеевском лесопитомнике Московской области, в теплице с автоматической туманообразующей системой полива. Измерения ТЛ и МИФ производили через два года после посадки черенков сирени и клена в грунт. Измерения СФ листьев сирени проводили через 3 месяца после посадки ее черенков в грунт.

Спектры флуоресценции листьев сирени измеряли на автоматизированной установке, собранной на основе спектрографа ИСП-51. Флуоресценцию возбуждали светодиодом СДК-470 ( $\lambda = 470$  нм), излучение регистрировали в области 630–800 нм. В качестве параметра СФ использовали отношение  $F_{685}/F_{730}$ , где  $F_{685}$  и  $F_{730}$  – максимальные значения в красной области спектра флуоресценции листа. Предполагается, что коротковолновый пик  $F_{685}$  обусловлен флуоресценцией хлорофилла *a* фотосистемы 2 (ФС2), а длинноволновый  $F_{730}$  – либо частичной реабсорбцией более коротковолнового излучения, либо переносом

энергии возбуждения от ФС2 к ФС1 и вкладом во флуоресценцию хлорофилла ФС1 [1]. Оптимальным условиям развития растения соответствует минимальное значение параметра  $F_{685}/F_{730}$ ; уменьшение параметра коррелирует с увеличением скорости прироста биомассы и содержания хлорофилла в растениях [1,4].

В ходе экспериментов было установлено, что после обработки черенков сирени ИМК, цирконом или корневином значения  $F_{685}/F_{730}$  спектров флуоресценции листьев уменьшались (рис. и табл.), что указывает на оптимизацию условий функционирования фотосинтетического аппарата и развития растений.

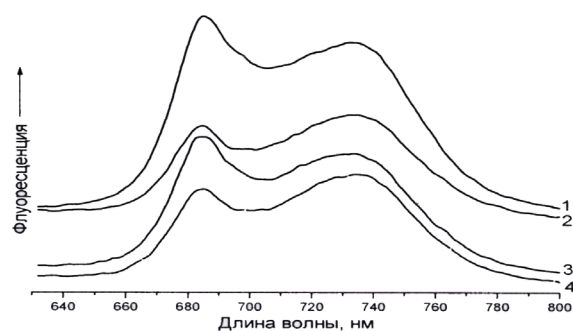


Рисунок. Спектры флуоресценции листьев сирени при обработке черенков регуляторами роста: 1 – вода; 2 – ИМК; 3 – циркон; 4 – корневин

При измерениях ТЛ высечки из средней части листа освещали светом с длиной волны 725 нм в течение одной минуты. Затем их быстро охлаждали до  $-30$  °С и освещали насыщенным белым светом ( $30$  Вт/м<sup>2</sup>) в течение 3 мин. После этого лист охлаждали до  $-80$  °С, а затем нагревали до  $80$  °С со скоростью около  $30$  град./мин. Интенсивность ТЛ регистрировали в процессе нагрева. В качестве параметров использовали отношение  $S_A/S_{общ.}$  и  $S_C/S_{общ.}$ , где  $S_A$  и  $S_C$  – светосуммы (площади под кривой ТЛ) в интервале температур от  $-40$  до  $0$  °С и от  $40$  до  $80$  °С соответственно,  $S_{общ.}$  – площадь под кривой ТЛ в интервале от  $-40$  до  $80$  °С.

В опытах с саженцами сирени зарегистрировано увеличение значений  $S_A/S_{общ.}$  ТЛ по сравнению с контролем в последовательности ИМК → корневин → циркон (см. табл.), что свидетельствует об увеличении удельной (в расчете на хлорофилл) фотосинтетической активности листьев.

**Влияние регуляторов роста на люминесцентные показатели листьев сирени и клена**

Растение	Параметр	Контроль (вода)	ИМК	Циркон	Корневин	Рибав
Сирень	$F_{685}/F_{730}$	1,24	0,92	1,11	0,90	–
	$S_A/S_{\text{общ}}$	0,28	0,36	0,50	0,39	–
	$S_C/S_{\text{общ}}$	0,13	0,24	0,14	0,10	–
	$(F_M - F_T)/F_T$	0,75	0,95	1,15	1,10	–
Клен	$S_A/S_{\text{общ}}$	0,27	0,37	0,34	0,31	0,30
	$S_C/S_{\text{общ}}$	0,28	0,15	0,20	0,18	0,22
	$(F_M - F_T)/F_T$	0,35	0,65	0,55	0,75	0,60

Вместе с тем в случае ИМК наблюдалось некоторое увеличение высокотемпературной ТЛ (полоса С), «разгорающейся» обычно при некоторых стрессовых воздействиях на растения, а в случае корневина – уменьшение полосы С (значения  $S_C/S_{\text{общ}}$  при обработке черенков растворами ИМК увеличивались, а при обработке корневином – уменьшались).

В опытах с саженцами клена наблюдалось увеличение значений  $S_A/S_{\text{общ}}$  ТЛ по сравнению с контролем для всех исследованных препаратов в последовательности: рибав-экстра → корневин → циркон → ИМК. Значения  $S_C/S_{\text{общ}}$  для клена уменьшались при обработке черенков регуляторами в последовательности: рибав-экстра → циркон → корневин → ИМК.

Для измерения МИФ листья отделяли от стебля, помещали в держатель и освещали широкополосным синим светом (50 Вт/м<sup>2</sup>); флуоресценцию регистрировали на длине волны 686 нм. В качестве параметра МИФ использовали отношение  $(F_M - F_T)/F_T$ , где  $F_M$  – интенсивность флуоресценции в максимуме индукционной кривой,  $F_T$  – стационарный уровень флуоресценции. Ранее было показано, что относительные изменения этого показателя соответствуют относительным изменениям фотосинтетической активности в расчете на хлорофилл [4, 5].

Для всех исследованных регуляторов роста наблюдалось увеличение относительного тушения флуоресценции листьев сирени и клена в ходе МИФ (увеличение значений  $(F_M - F_T)/F_T$ ). Тушение флуоресценции на участке  $F_M \rightarrow F_T$  обусловлено рядом механизмов,

один из которых – образование градиента протонов  $\Delta pH$  на тилакоидной мембране. Можно предположить, что увеличение  $F_M$  у обработанных препаратами растений – следствие снижения  $\Delta pH$  в первые секунды освещения за счет более активного синтеза АТФ. Это в свою очередь приводит к ускорению электронного транспорта и увеличению фотосинтетической активности растения в целом.

Полученные результаты свидетельствуют о положительном влиянии обработки черенков исследованными препаратами на фотосинтетический аппарат проростков сирени и клена.

**Библиографический список**

1. Асланиди, К.Б. Метод определения функционального состояния растений по спектрам флуоресценции хлорофилла (техника биомониторинга) / К.Б. Асланиди, А.А. Шалапенко, В.Н. Карнаухов и др. – Пушино, 1998. – 44 с.
2. Рахимова, А.Ф. Опыт проращивания семян ирисов с использованием синтетических регуляторов роста / А.Ф. Рахимова, Л.Н. Миронова // Материалы III международной конференции «Регуляция роста, развития и продуктивности растений». – Минск, 2003. – С. 113–114.
3. Рункова, Л.В. Действие циркона на трудноукореняемые растения / Л.В. Рункова, М.Н. Мельникова, В.С. Александрова // Материалы II международной конференции «Регуляция роста, развития и продуктивности растений». – Минск, 2001. – С. 182–183.
4. Полякова, И.Б. Люминесцентные показатели в разных участках листа пшеницы в онтогенезе / И.Б. Полякова, В.А. Караваев, М.К. Солнцев и др. // Биофизика. – Вып. 6. – 2003. – Т. 48. – С. 1108–1115.
5. Караваев, В.А. Люминесцентные показатели и фотосинтез листьев пшеницы в условиях различного минерального питания / В.А. Караваев, М.К. Солнцев, Т.П. Юрина и др. // Физиология растений. – Т. 44. – 1997. – №1. – С. 20–23.

## ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗДОРОВЫХ И ПОРАЖЕННЫХ ТРИПСОМ ЛИСТЬЕВ ОГУРЦА

С.А. ПОЗДНЯКОВ, *асп. каф. энтомологии РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева,*  
 Л.Э. ГУНАР, *доц. каф. хранения, переработки и товароведения продукции растениеводства РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, канд. биол. наук,*  
 В.А. КАРАВАЕВ, *проф. каф. общей физики МГУ им. М.В. Ломоносова, д-р физ.-мат. наук,*  
 М.К. СОЛНЦЕВ, *доц. каф. биофизики МГУ им. М.В. Ломоносова, канд. физ.-мат. наук,*  
 С.А. ГЛАЗУНОВА, *студентка каф. общей физики МГУ им. М.В. Ломоносова,*  
 Е.А. КУЗНЕЦОВА, *доц. каф. физики МГУЛ, канд. физ.-мат. наук*

Западный цветочный, или калифорнийский трипс, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) в настоящее время является главным вредителем тепличных культур во всем мире. Он поражает многие виды овощных и цветочных культур и обладает резистентностью к широкому ряду применяемых инсектицидов. Прокалывая эпидермис, трипс выделяет в ранку ферменты, способные вызывать у растения реакцию сверхчувствительности. В результате площадь поврежденной поверхности листа значительно превышает зону питания. Первоначально это вызывает появление желтых некротических пятен, а при нарастании численности вредителя – к появлению некрозов и отмиранию участков растительной ткани.

Известно, что повреждения, вызываемые трипсом, могут влиять на размещение углерода в растении и размер листа [4]. Вместе с тем влияние поражения трипсом на фотосинтетический аппарат листа до конца не изучено. В данной работе исследованы люминесцентные показатели здоровых и пораженных трипсом листьев огурца, отражающие эффективность первичных процессов фотосинтеза и структурно-функциональную организацию фотосинтетического аппарата.

Представлены результаты двух опытов, проводившихся летом 2005 г. (опыт № 1) и в зимне-весенний период 2006 г. (опыт № 2). Огурцы выращивали в лабораторных условиях в рассадных горшочках объемом 500 см<sup>3</sup> до стадии трех настоящих листьев. После этого половину растений каждого варианта поражали трипсом: на каждое растение высаживали по две личинки II возраста и 1 имаго

трипса. В опыте № 1 растения были поражены 01.07.2005, в опыте № 2 – 01.03.2006. В опыте № 2 за два дня до высаживания личинок все растения опрыскивали дистиллированной водой. В опыте № 1, кроме того, использовали листья трехмесячных растений огурца со значительными следами поражения трипсом. Эти растения выращивались в специальной камере для культивирования трипсов.

Исследовали медленную индукцию (МИФ) и термолюминесценцию (ТЛ) листьев растений. МИФ регистрировали по методике, описанной в [1]. Лист отрывали от стебля, помещали в держатель и адаптировали к темноте в течение 5 мин. Флуоресценцию возбуждали широкополосным синим светом (50 Вт/м<sup>2</sup>), а регистрировали на длине волны 686 нм. При измерениях ТЛ образцы подвергали предварительному освещению при комнатной температуре светом с длиной волны 725 нм в течение одной минуты. Затем их быстро охлаждали до –30 °С и облучали насыщающим белым светом (30 Вт/м<sup>2</sup>) в течение 3 мин. После этого лист охлаждали до –80 °С, а затем нагревали до 80 °С со скоростью около 30 град./мин; ТЛ регистрировали в процессе нагрева.

**Результаты опыта №1.** Характерные кривые МИФ здоровых и пораженных трипсом листьев растений представлены на рис. 1.

Согласно общепринятым представлениям, высокие значения интенсивности флуоресценции в первые секунды освещения связаны с восстановлением первичного акцептора электронов фотосистемы 2 (ФС 2). В последующий период начинают работать регуляторные механизмы, обеспечивающие

оптимальное функционирование системы фотосинтетических реакций, и флуоресценция уменьшается. Тушение флуоресценции на стадии  $F_M \rightarrow F_T$  обычно подразделяют на фотохимическое и нефотохимическое. Первое связано с окислением первичного акцептора ( $Q_A$ ) ФС 2, второе – с рядом процессов, не связанных напрямую с состоянием  $Q_A$ . Главные из этих процессов – образование протонного градиента на тилакоидной мембране и диффузия подвижных светособирающих комплексов в ту область хлоропласта, где концентрируются комплексы ФС 1. В качестве параметра МИФ использовали отношение  $(F_M - F_T)/F_T$ , где  $F_M$  – интенсивность флуоресценции в максимуме индукционной кривой,  $F_T$  – стационарный уровень флуоресценции. Ранее было показано, что относительные изменения этого флуоресцентного показателя соответствуют относительным изменениям фотосинтетической активности в расчете на хлорофилл [5].

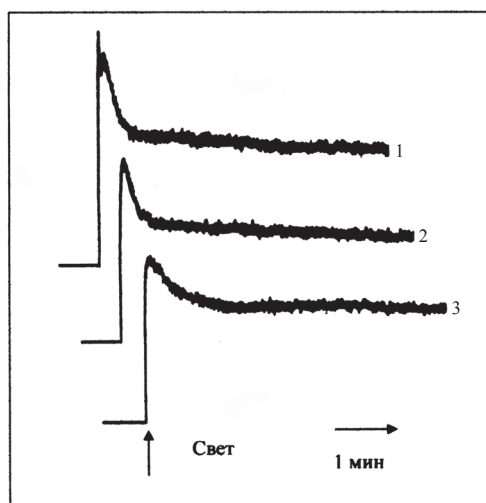


Рис. 1. Характерные кривые медленной индукции флуоресценции листьев огурца: 1 – здоровые растения; 2 – растения, пораженные трипсом (4-й настоящий лист, 20 дней после высаживания личинок); 3 – лист из специальной камеры (значительные следы поражения)

Растения, пораженные трипсом в ходе основного эксперимента, имели незначительные видимые признаки поражения (отдельные мелкие серо-бурые точки). Значения  $(F_M - F_T)/F_T$  при поражении уменьшались и составляли 70–90 % от контрольных значе-

ний, что свидетельствует о соответствующем снижении фотосинтетической активности. Это уменьшение было зарегистрировано у всех исследованных листьев и во все сроки отбора (табл. 1). У пораженных растений отсутствовал первый, «быстрый» пик МИФ, наблюдавшийся у здоровых растений (рис. 1). Этот пик обычно появляется через 1–3 с после включения освещения и характерен для относительно молодых листьев. Таким образом, можно констатировать, что поражение трипсом в данном случае вызывало ускоренное старение растений.

Листья растений из камеры для культивирования трипсов имели признаки сильного поражения: большая часть поверхности листа была покрыта некротическими пятнами. Первый, «быстрый» пик на кривой МИФ отсутствовал, тушение флуоресценции после достижения максимального значения было замедлено (рис. 1, кривая 3). Значения  $(F_M - F_T)/F_T$  у этих листьев на всех стадиях эксперимента были стабильно низкими (табл. 1). Эти данные свидетельствуют о значительном поражении фотосинтетического аппарата растений.

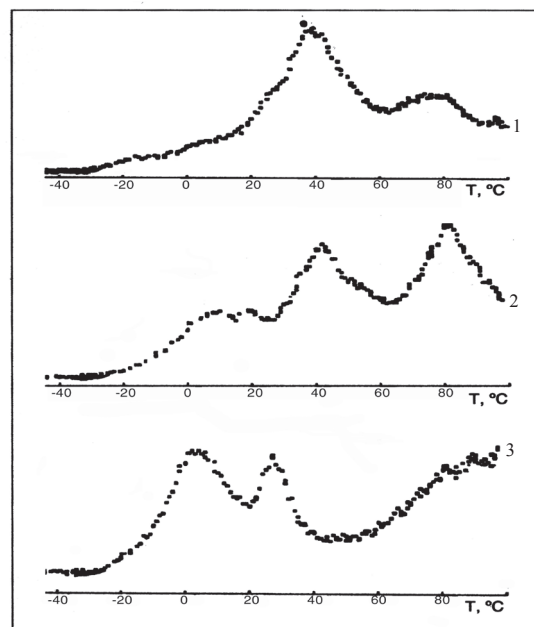


Рис. 2. Характерные кривые термолуминесценции листьев огурца: 1 – здоровые растения; 2 – растения, пораженные трипсом (3-й настоящий лист, 12 дней после высаживания личинок); 3 – лист из специальной камеры (значительные следы поражения)

**Значения  $(F_M - F_T)/F_T$  медленной индукции флуоресценции здоровых и пораженных трипсом листьев растений**

Срок отбора	Здоровые Растения	Растения, пораженные трипсом	Сильное поражение трипсом
05.07.2005	1-й лист		0,51
	0,86 (100 %)	0,76 (88 %)	
12.07.2005	3-й лист		0,53
	0,93 (100 %)	0,74 (80 %)	
20.07.2005	4-й лист		0,52
	1,00 (100 %)	0,74 (74 %)	
27.07.2005	5-й лист		0,55
	1,15 (100 %)	0,92 (80 %)	

Характерные кривые ТЛ листьев растений представлены на рис. 2. Механизм возникновения отдельных полос ТЛ подробно описан в обзоре [3]. Широкую полосу в области температур от +20 до +60 °С можно соотнести с известной в литературе полосой В, за которую ответственна рекомбинация отрицательных зарядов с вторичного хинонового акцептора  $Q_B^-$  и положительных зарядов от различных состояний кислород-выделяющего комплекса. Полоса в области более высоких температур известна как полоса С. Предполагается, что она имеет «нефотосинтетическую» природу и обусловлена взаимодействием с кислородом тех продуктов, которые появляются в результате деструкции мембран при замораживании и нагревании фотосинтетических объектов. Эта полоса обычно «разгорается» под действием неблагоприятных факторов (недостаток минерального питания, обработка некоторыми химическими агентами и т.п.).

При поражении растений трипсом наблюдалось заметное «разгорание» полосы С (рис. 2, кривые 2, 3), что свидетельствует об ухудшении структурно-функциональных характеристик мембран хлоропластов. Одновременно с этим увеличивалась интенсивность ТЛ при небольших положительных температурах (от 0 до 10 °С). Пик в этой области температур известен как гербицидный, или G-пик. Известно, что он появляется при обработке фотосинтезирующих объектов ингибитором диуроном, блокирующим цепь электронного транспорта между первичным и вторичным хиноновыми акцепторами элек-

тронов ФС 2. Пик В при поражении растений трипсом уменьшался по величине (рис. 2, кривая 2), а при сильном поражении смещался в сторону более низких температур (рис. 2, кривая 3). Эти эффекты, очевидно, обусловлены частичным прерыванием цепи электронного транспорта между фотосистемами, в результате чего при обратных реакциях рекомбинируют электроны преимущественно с  $Q_A^-$ , а для этого необходима меньшая энергия активации и соответственно более низкая температура нагрева. Эти данные хорошо согласуются с результатами измерения МИФ.

**Результаты опыта № 2.** В этом случае изменения показателя  $(F_M - F_T)/F_T$  МИФ растений, пораженных трипсом, зависели от номера листа и срока отбора (табл. 2). У первых настоящих листьев, со следами видимого поражения, значения  $(F_M - F_T)/F_T$  были ниже, чем у соответствующих непораженных растений. У более молодых листьев наблюдалась тенденция к увеличению значений  $(F_M - F_T)/F_T$  у пораженных растений по сравнению с непораженными. Этот эффект, очевидно, связан с ответными защитными реакциями растений на ранней стадии стрессового воздействия трипса. Ко времени третьего отбора этот эффект исчезал, и наблюдалось снижение флуоресцентного показателя у листьев всех ярусов, в том числе и самых верхних. Увеличение  $(F_M - F_T)/F_T$  было связано главным образом с увеличением значения  $F_M$  по сравнению с  $F_T$ . Можно предположить, что это обусловлено снижением градиента протонов на тилакоидной мембране в первые секунды освещения за счет более активного синтеза АТФ.

Т а б л и ц а 2

**Значения  $(F_M - F_T)/F_T$  медленной индукции флуоресценции здоровых и пораженных трипсом листьев растений**

Вариант	1-й отбор (07.03.2006)			2-й отбор (14.03.2006)		3-й отбор (24.03.2006)			
	Номер листа								
	1	2	3	3	4	3	5	6	
Здоровые растения	0,62	0,59	0,61	0,61	0,65	0,48	1,05	1,10	
Растения, пораженные трипсом	0,53	0,62	0,65	0,64	0,70	0,43	1,00	1,00	

Т а б л и ц а 3

**Биомасса здоровых и пораженных трипсом растений огурца (в расчете на одно растение, г)**

Вариант	3-й отбор (24.03.2006)	4-й отбор (04.04.2006)
Здоровые растения	15,0 (100 %)	25,5 (100 %)
Растения, пораженные трипсом	12,5 (83 %)	18,5 (73 %)

Это в свою очередь приводит к ускорению электронного транспорта и увеличению фотосинтетической активности в целом. Этот эффект согласуется с данными других авторов: было, например, установлено, что при питании популяции западного цветочного трипса с низкой плотностью на листьях перца происходит небольшое увеличение интенсивности фотосинтеза [6]. Аналогичные результаты были получены в опытах с двупятнистым паутиным клещом на растениях огурца [7].

Биометрические измерения, произведенные на заключительных стадиях эксперимента, показали, что растения, пораженные трипсом, имели существенно меньшую биомассу, чем здоровые растения (табл. 3).

Таким образом, можно констатировать, что поражение растений огурца трипсом приводит в целом к ухудшению структурно-функциональных характеристик мембран хлоропластов, снижению удельной (в расчете на хлорофилл) фотосинтетической активности и уменьшению биомассы растений.

**Библиографический список**

1. Караваев, В.А. Влияние  $Na_2HPO_4$  на медленную индукцию флуоресценции и фотосинтез листьев

бобов / В.А. Караваев, И.Б. Полякова // Физиология растений. – 1998. – Т. 45. – С. 5–10.

2. Иноу, Й. Термолюминесценция фотосинтетического аппарата / Й. Иноу, К. Сибата // Фотосинтез. – Т. 1 / под ред. Говинджи. – М.: Мир. – 1987. – С. 680–712.

3. Солнцев, М.К. О природе полосы термолюминесценции фотосинтетических объектов при 40–80 °С / М.К. Солнцев // Журнал физической химии. – 1989. – Т. 63. – С. 1959–1960.

4. Welter S.C., Rosenheim J.A., Johnson M.W., Mau R.F.L., Gusukuma-Minoto L.R. Effect of thrips palmi and western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) on yield, growth, and carbon allocation patterns in cucumber // J. Econ. Entomol. – 1990. – V. 83. – P. 2092–2101.

5. Karavaev V.A., Polyakova I.B., Solntsev M.K., Yurina T.P. Effect of various chemical agents on photosynthesis studied by the method of fluorescence induction // Journal of Luminescence. – 1998. – V. 76&77. – P. 335-338.

6. Shipp J.L., Hao X., Papadopoulos A.P., Binns M.R. Impact of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) on growth, photosynthesis and productivity of greenhouse sweet pepper // Scientia Horticulturae. – 1998. – V. 72. – P. 87–102.

7. Van der Welf W., Gijzen H., Rossing W.A.H., Dierckx R.T., Tomczyk A. Calculation of the influence of the vertical distribution of feeding injury by two-spotted spider mite (Tetranychus urticae) on photosynthesis and respiration of cucumber // IOBC, WPRS Bull. – 1996. – V. 19. – P. 199–202.

**Обьдёнников В.И., Никитин Ф.А., Никитин В.Ф. МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛЕСОВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ.**

Приведены методические положения по изучению лесоводственных систем. Они строятся на основе биогеоценологии и динамической типологии леса. При создании лесоводственных систем учитываются динамика леса, биология и экология его в различных географических условиях.

**Obydennikov V.I., Nikitin F.A., Nikitin V.F. METHODOLOGY ASPECTS OF FORESTRY SYSTEMS.**

There are methodology charts of forestry systems. They created on the biogeocenology and dynamic of forest type. For creating forestry systems have to accept systems dynamics, biology and ecology of different geographical points.

**Румянцев Д.Е., Николаев Д.К. ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАЗНЫХ ВИДОВ ПРИРОСТА ДЕРЕВЬЕВ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ПОД ПОЛОГОМ КУЛЬТУР СОСНЫ.**

Проведено сопоставление изменчивости радиального, линейного и объемного приростов ели под пологом 65-летних культур сосны в подзоне хвойно-широколиственных лесов. Установлено сходство в динамике годичного радиального прироста на высоте 1,3 м и объемного прироста, их связь с изменениями климатических факторов. Показано, что тренды радиального и объемного прироста часто могут быть разнонаправленными. Линейный прирост имеет иную динамику и связан прежде всего с эффектами от конкурентных взаимодействий деревьев.

**Rumyancev D.E., Nikolaev D.K. VARIABILITY MISCELLANEOUS TYPE OF THE INCREASE TREE ATED EUROPEAN UNDER VALANCE OF THE CULTURES OF THE PINE.**

The investigation of radial, lineal and volume growth variability for Norway spruce behavior under the artificial Scots pine stand in the conifer-broadleaf forest zone was conducted. The similarity between radial growth at 1.5m and volume growth variability from year to year, and there dependence from climatic factors was established. It was found, that trends of radial and volume growth usually have a different direction. Linear growth has the other dynamic, than the radial and volume, it has a dependence from competition effects.

**Мерзленко М.М. РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫРАЩИВАНИЯ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР СОСНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА И ВОЗРАСТА ЛЕСОКУЛЬТУРНОГО МАТЕРИАЛА.**

Подводится итог результатов выращивания культур сосны, созданных лесокультурным материалом разного вида и возраста. Сравнивается лесоводственный эффект 80-летних искусственных сосняков посевного и посадочного происхождения.

**Merzlenko M.M. THE RESULTS GROWING TIMBER CULTURES OF THE PINE DEPENDING ON TYPE AND AGE AFFORESTATION.**

It Is total result growing cultures of the pine, created afforestation of the miscellaneous of the type and age. It is compared forestry effect 80-year artificial pine forest sowing and landing origin.

**Султанова Р.Р. ОСНОВЫ ВЕДЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА В ЛИПНЯКАХ ЦЕЛЕВОГО ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ.**

Приведено эколого-лесоводственное обоснование системы организационно-хозяйственных мероприятий по формированию непрерывно продуцирующих лесных насаждений липы мелколистной товарной и нектарной, а также повышению их продукционных показателей.

**Sultanova R.R. FOUNDATIONS OF SPECIAL FARMING IN PURPOSEFUL FOREST USE LIME PLANTINGS.**

Ecological and forestry basis for economic measures on formation of commercial and nectar small-leaved lime constantly producing forest plantings and their production indices increase is given.

**Ивонин В.М. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ НАГРУЗОК НА КОЛХИДСКИЕ ЛЕСА.**

Колхидские леса, являясь местами концентрации эндемиков и реликтов, подвергаются чрезмерным рекреационным нагрузкам, приводящим к деградации напочвенного покрова, ухудшению водно-физических свойств почв, увеличению коэффициентов стока при ливнях и уменьшению интенсивности впитывания осадков, активизации механической и ливневой эрозии почв.

Определено, что допустимое значение рекреационной плотности равно 0,8 чел./га.

**Ivonin V.M. THE STUDY RECREATION LOADS ON FOREST OF KOLHIDA.**

Forest of Kolhida, being places to concentrations endemic and relic, are subjected to overweening recreation load, bring about degrade on soil cover, deterioration water-physical characteristic of ground, sewer factor increase at rainstorm and reduction to intensities of the absorbing the precipitation, activations mechanical and rainstorm erosions of ground.

It is determined that possible importance recreation density is 0,8 man/ga.



**Заварзин В.В., Матраимов К.О. ОСОБЕННОСТИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ СТРАТИФИКАЦИИ АРЧОВЫХ ЛЕСОВ КЫРГЫЗСТАНА.**

Впервые в Кыргызстане применен выборочно-статистический метод таксации с предварительной стратификацией при инвентаризации арчовых лесов. Цели и правила составления предварительных страт. Результаты и анализ составленных предварительных страт составлены на примере двух областей юга республики.

**Zavarzin V.V., Matraimov K.O. PRE-STRATIFICATION IN JUNIPERS FOREST OF KYRGYZSTAN.**

For the first time in Kyrgyzstan was employed mathematic-statistics method of forest inventory with pre-stratification by juniper forest inventory. Goals and regulations for make up pre-stratification. A results and analyses of processing pre-stratification make up for the two regions of Kyrgyzstan.

**Манвелидзе З.К. ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА БИОРАЗНООБРАЗИЕ СУБАЛЬПИЙСКИХ БУКНЯКОВ АРСИАНСКОГО ХРЕБТА АДЖАРСКОЙ АР.**

Рассматриваются закономерности изменения основных показателей биоразнообразия субальпийских букняков Арсианского хребта в условиях антропогенных воздействий разной интенсивности. Установлено, что огораживание и охрана лесных участков от рубок, пастьбы скота и рекреационных нагрузок за 25-летний период способствует началу процессов восстановления основных физических и агрохимических свойств почв, лесовозобновления и видового состава живого напочвенного покрова.

**Manvelidze Z.K. THE INFLUENCE ANTHROPOGENIC INFLUENCE ON BIOVARIETY SUBALPINE BEECH FOREST ARSIANSKY RIDGE ADZHARIAN REPUBLIC.**

The regularities of the change the leading indexes biovariety subalpine beech forest arsiansky ridge adzharian republic are considered in condition anthropogenic influence to intensity miscellaneous. It Is Installed that enclose and guard timber area from chopping, pasturages of the live-stock and recreation loads for 25-year term promotes the beginning of the processes of the reconstruction main physical and agricultural chemistry characteristic of ground, reafforestation and aspectual composition alive on soil cover.

**Давыдычев А.Н., Кулагин А.Ю., Горичев Ю.П. ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ТЕМНОХВОЙНЫХ ЛЕСОВ ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА (ЮУГПЗ).**

В работе впервые приводится количественная характеристика естественного подпологового возобновления на Южном Урале, в пределах территории Южно-Уральского государственного природного заповедника. Показано, что в большинстве местообитаний процесс естественного возобновления протекает удовлетворительно. Наиболее успешно под пологом древостоев возобновляются пихта сибирская и липа сердцелистная. Установлено, что в отдельных местообитаниях 20 % пихт – вегетативного происхождения.

**Dawydychev A.N., Kulagin A.U., Gorichev Y.P. NATURAL RENEWAL OF DARK CONIFERAUS FORESTS OF SOUTH URALS STATE NATURAL RESERVE (SUSNR).**

In the paper for the first time natural undercover renewal quantitative characteristic of the South Urals within South Urals State natural reserve is adduced. It is Shown that natural renewal process is proceeding satisfactorily. *Abies sibirica* Ledeb. and *Tillia cordata* Mill, recommence mast successfully under the crown cover. It is determined that in separate inhabitation's 18 % of the abises are vegetative origin.

**Каткова Т.Е. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТЬЮ И ПЕРИОДАМИ ПОВЫШЕННОЙ ГОРИМОСТИ ЛЕСОВ РЕСПУБЛИК МАРИЙ ЭЛ И КОМИ.**

Осуществлен анализ динамики числа лесных пожаров республик Марий Эл и Коми, периодических изменений солнечной активности за длительный период времени. Исследована и установлена зависимость между периодическими изменениями солнечной активности и периодами повышенной горимости лесов республик Марий Эл и Коми. Составлен прогноз всплесков горимости лесов этих республик.

**Katkova T.E. RESEARCH OF RELATION BETWEEN SOLAR ACTIVITY AND SEASONS OF A HEIGHTENED FIRE HAZARD OF FORESTS OF REPUBLICS OF MARI EL AND KOMI.**

The analysis of dynamics of number of forest fires of republics of Mari El and Komi, alternations of solar activity for a long-lived span is carried out. The relation between alternations of solar activity and seasons of a heightened fire hazard of forests of republics of Mari El and Komi is investigated. The forecast of splashes of a fire hazard of forests of the data of republics is compounded.

**Санаев И.В. ПЛАНИРОВАНИЕ ОЗЕЛЕНИТЕЛЬНЫХ РАБОТ.**

В статье рассмотрено выполнение озеленительных работ в городе, проценты приживаемости и выпада деревьев и кустарников в зависимости от местонахождения объекта.

**Sanaev I.V. REHABILITATION AND VEGETATION PLANTING PROGRAM.**

In article is considered the implementation of rehabilitation and vegetation planting program, percentage of plants taken root and damaged plants depending on the place of growth are studied.

**Голосова Е.В. ЛАНДШАФТНАЯ АРХИТЕКТУРА ПОГРЕБАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ КИТАЯ.**

Описано два национальных парка в состав которых входят императорские погребальные комплексы династий Мин и Цин.

**GolosoVA E.V. LANDSCAPE ARCHITECTURE OF FUNERAL COMPLEXES OF CHINA.**

Two national parks with imperial funeral complexes of Chinese dynasties of Min and Qing in their structure are described in the article.

**Санаев И.В. ГОРОД И ЗЕЛЕННЫЕ НАСАЖДЕНИЯ.**

Рассматривается состояние и поражение растительности в черте города и близлежащих территориях

**Sanaev I.V. TOWN AND VEGETATION.**

Vegetation sustainability and its current state within the town territory and its surroundings are examined in this article.

**Гомзяков Н.Д. ОБОСНОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ РАБОЧИХ КАМЕР ЛЕСНЫХ СЕМЯОЧИСТИТЕЛЬНЫХ МИШИН.**

На основе многокритериального ранжирования различных рабочих камер обескряливающих устройств установлено, что для лесных семяочистительных машин наиболее перспективными технологическими схемами являются две: непрерывного действия, конической и цилиндрической формы с горизонтальной и наклонной осями вращения рабочих органов. Их необходимо применять для проведения дальнейших экспериментальных исследований с целью обоснования основных параметров.

**Gomzyakov N.D. SUBSTANTIATION OF PERSPECTIVE TECHNOLOGICAL SCHEMES OF PROCESSING CHAMBERS IN FOREST FRICITION MACHINES.**

On the basis of multicriterion leveling of different processing chambers of dewinging devices is fixed the following: the most perspective technological schemes for the forest friction machines are these 2 schemes. The schemes are: 1) of continuous action of conical and 2) of cylindrical form with horizontal and inclined rotation axis of working part. It is necessary to use these schemes for conducting further experimental researches in order to substantiate the basic parameters.

**Булдаков С.И., Золкина Л.А. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.**

В статье рассмотрено воздействие автозаправочных станций, расположенных в непосредственной близости от автодороги, на окружающую среду с учетом суммарного воздействия. Уровень воздействия оценивается по результатам математического моделирования диффузионных процессов перемещения загрязняющих веществ.

**Buldakov SI., Zolkina L.A. THE ECOLOGICAL INFLUENCE GAS STATION ON SURROUNDING AMBIENCE.**

In article is considered influence of the gas stations, located in close proximity road, on surrounding ambience, with provision for total influence. The level of the influence is valued on result of mathematical modeling diffusion processes of the displacement polluting material.

**Сиваков Д.О. ПРАВОВАЯ ОХРАНА ВОД: АМЕРИКАНСКИЙ ОПЫТ.**

На фоне реформирования водного права России рассматривается опыт водного законодательства США.

**Sivakov D.O. THE LEGAL GUARD OF WATER: AMERICAN EXPERIENCE.**

On background reform water right to Russia is considered experience water legislation USA.

**Васильев С.Б. МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД НА РЕКУЛЬТИВИРУЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ЕГОРЬЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ФОСФОРИТОВ (ЕМФ).**

В статье представлены исследования особенностей минерального питания сосны кедровой сибирской, лиственницы сибирской, сосны Банкса, сосны обыкновенной и ели европейской на рекультивируемых землях ЕМФ.

**Vasiliev S.B. MINERAL NUTRITION OF WOOD SPECIES ON RECULTIVATED SOILS OF EGORIEVSK DEPOSIT OF PHOSPHORITES.**

The article deals with the research based on peculiarities of mineral nutrition of such wood species as Siberian stone pine (*Pinus cembra* var. *sibirica*), sibirian larch (*Larix sibirica*), jack pine (*Pinus banksiana*), common pine (*Pinus silvestris*) on recultivated soils at Egorievsk deposit of phosphorites.

**Васильев С.Б. ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ НА НАСЫПНЫХ ГЛАУКОНИТОВЫХ ПЕСКАХ ЕГОРЬЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ФОСФОРИТОВ.**

В статье представлены результаты роста различных древесных пород на техногенных субстратах с различной мощностью глауконитового песка.

**Vasiliev S.B. FOREST CULTURE ON ARTIFICIAL GLAUCONITIC SANDS AT EGORIEVSK DEPOSIT OF PHOSPHORITES.**

The article represents the results of the growth of different wood species on technogenic substrata with different capacity of glauconitic sand.

**Шадрин А.А., Грибова С.Н. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ЛЕСООБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕХОВ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ.**

В статье рассматриваются проблемы производства продукции лесобработывающих цехов в условиях лесозаготовительных предприятий с учетом изменчивости параметров обрабатываемого сырья и требований рынка на лесопродукцию. Описаны теоретические предпосылки к использованию нейросетевых технологий для решения задачи оптимизации производственной программы выпуска продукции лесобработывающих цехов.

**Shadrin A.A., Gribova S.N. THE IMPROVEMENT OF PRODUCTION TECHNOLOGY OF WOODWORKING PROCESSING WORKSHOP AT LOGGING ENTERPRISES WITH THE USE OF NEUROCOMPUTER PROGRAMMING METHODS.**

The article deals with the problems of products production of woodworking processing workshops at logging enterprises with regard for parameter mutability of worked raw wood and the market demand on forest products. Theoretical preconditions to the use of neuronet technologies for the solving of problems of production programmer optimization of woodworking processing workshop production output are described.

**Соколов Г.М., Стариков С.А. РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА ПРИ ДВИЖЕНИИ НА КРИВЫХ.**

В эксплуатационных условиях движение лесовозного автопоезда по кривым характеризуется явно выраженной нестационарностью. Целью работы является расчетное определение кинематических параметров автопоезда в зависимости от условий движения. Полученные кинематические соотношения могут быть положены в основу динамических исследований движения многозвенного лесовозного автопоезда по кривым.

**Sokolov G.M., Starikov S.A. COMPUTATIONAL DEFINITION OF KINEMATIC PARAMETERS OF THE HAULING RIG AT MOTION ON CURVES.**

In an operating conditions the motion hauling rig on curves is characterized by obviously expressed non-stationarity. The purpose of activity is the computational definition of kinematic parameters of the hauling rig depending on conditions of motion. The obtained kinematic expressions can be trusted in the basis of dynamic motion studies of the multilink hauling rig on curves.

**Серебрянский А.И. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА АНТИФРИКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН.**

Проанализированы недостатки применения жидких и пластичных смазочных материалов в шарнирных соединениях лесных манипуляторов. Рассмотрена возможность применения неметаллических антифрикционных материалов, которые интенсифицируют эффект избирательного переноса. Определены основные требования, которые должны предъявляться к антифрикционным материалам данных узлов трения. В качестве смазочного материала предлагается использовать самосмазывающиеся антифрикционные пластики типа АМАН. Дана краткая характеристика пластиков и возможности их работы в шарнирных соединениях технологического оборудования лесозаготовительных и лесохозяйственных машин.

**Serebryanskiy A.I. THE MOTIVATION OF THE CHOICE ANTIFRICTION MATERIAL FOR NODES OF FRICTION OF THE TECHNOLOGICAL EQUIPMENT TIMBER HARVESTING MACHINES.**

The Analysed defect of the using fluid and plastic lubricants in joint joint timber manipulator. The Considered possibility of the using not metallic antifriction material, which intensify the effect of the electoral carrying. They Are Determined main requirements, which must be presented to antifriction material node data friction. As lubricant is offered use the itself swab antifriction plastics of the type AMAN. It is given short feature plastic and possibility of their work in joint joining the technological equipment timber harvesting and timber economic machines.

**Ясенков Е.П. АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ.**

Обсуждается задача совершенствования системы и организации ТО и ремонта автомобилей. В настоящее время в РФ преимущественно используется смешанная тактика проведения ТО и ремонта автомобилей, которая имеет существенные недостатки, снижающие эффективность ТЭА. При определении режимов технического обслуживания в АТП применяют, как правило, нормативы, рассчитанные на среднестатистический автомобиль. Корректирование нормативов в зависимости от внешних факторов производится при помощи коэффициентов, которые сами являются средними величинами и не отражают действительного влияния данных факторов на каждый отдельный автомобиль.

**Yasenkov E.P. ACTUALITY OF AN INCREASE EFFICIENCY PROBLEM OF AN AUTOMOBILE OPERATION.**

This article discusses improvement of a system and organization of an automobile maintenance work and its repair. At present a mixed tactics of carrying out of an automobile maintenance and its repair is mainly used in the Russian Federation. This tactics has got essential defects which reduce effectiveness of an automobile technical exploitation. Definite standards are used in the determination of servicing conditions. As a rule these standards are intended for an ordinary automobile. The correction of these standards depends on the external factors. It is carried out by means of coefficients. These coefficients don't reflect real influence of the external factors on each automobile.

**В.Я. Ларионов, Д.М. Левушкин. ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКТОВ ДСМ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ.**

В статье приведен анализ формирования комплектов дорожно-строительных машин при строительстве лесовозных дорог. Представлен процесс строительства лесовозной дороги в математическом виде, а также дана схема параметров и показателей работы дорожно-строительных машин.

**Larionov V., Levushkin D. FORMATION OF COMPLETE SETS OF ROAD-BUILDING MACHINES FOR CONSTRUCTION OF ROADS FOR TRANSPORTATION OF WOOD.**

In article the analysis of formation of complete sets of road-building machines is given at construction of roads for transportation of wood. Process of construction of road for transportation of wood in a mathematical kind is submitted, and also the circuit of parameters of work of road-building machines is given.

**Тарасов С.М. ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОФОБИЗИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ХЛОРАНГИДРИДОВ СМОЛЯНЫХ КИСЛОТ.**

Хлорангидриды смоляных кислот – материалы для придания гидрофобности бумаге и картону. По своей эффективности они сравнимы с высококачественными составами на основе дисперсной модифицированной канифоли. Преимуществом хлорангидридов смоляных кислот является эффективность в нейтральной и слабощелочной среде, иногда без использования коагулянтов. Высокая эффективность и практически неограниченная сырьевая база делает их перспективными материалами для использования в новых технологиях производства бумажно-картонных материалов.

**Tarasov S.M. RESEARCH OF ABILITIES TO ATTACH HYDROPHOBY OF ACID CHLORIDES OF RESIN ACIDS.**

Acid chlorides of resin acids are materials for collimating hydrophoby to a paper and cardboard. On the efficiency they are comparable to high-quality compositions on the basis of the dispersible modified common resin. Advantage of acid chlorides of resin acids is the efficiency in neutral and weakly alkaline environment, sometimes without use of coagulants. The high performance and practically unlimited raw base makes by their perspective materials for use in the new productions technology of paper-cardboard materials.

**Угрюмов С.А., Смирнов А.А. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИЦИОННОЙ ФАНЕРЫ.**

Предложен вариант организации технологического процесса производства композиционной фанеры с внутренним слоем на основе древесной стружки. Подобрано необходимое технологическое оборудование, приведено описание процесса на участке сборки пакетов – склеивания.

**Ugryumov S.A., Smirnow A.A. THE ORGANIZATION OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF MANUFACTURE OF THE COMBINED PLYWOOD.**

The variant of the organization of technological process of manufacture of the combined plywood with an internal layer is offered on the basis of separate wood particles. The necessary process equipment is picked up. The description of process on a site of assembly of packages of plywood – pastings is given.

### **Федотов Г.Н. НЕОДНОРОДНОСТЬ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ ГЕЛЕЙ ПОЧВ.**

Приведено обоснование использования для изучения структуры органоминеральных гелей почв научного подхода «от общего к частному». Сделан вывод о том, что подобный подход особенно удобен и дает результаты при изучении физических свойств почв, но он имеет и свои недостатки. Это связано с тем, что строится физико-химическая модель некой абстрактной почвы, которая должна отражать наиболее существенные признаки существующих почв. Как следствие подобный общий подход нуждается в уточнении и детализации при его привязке к конкретным объектам. На основе анализа работ по изучению состава почвенных коллоидов сделан вывод, что органоминеральные гели почв неоднородны и их следует изучать именно с этих позиций.

### **Fedotov G.N. THE SPOTTINESS ORGANIC & MINERAL HELIUM OF GROUND.**

The Broughted motivation of the use for study of the structure organic & mineral helium of ground of the scientific approach «from the general to quotient». Conclusion is made about that that like approach particularly suitable and gives the results at study physical characteristic ground, but he has and their own defect. This is connected with that that is built physico-chemical model of certain abstract ground, which must reflect the most essential signs existing ground. As effect, like general approach needs for revision and greater detail under its binding to concrete object. On base of the analysis of the work on study of the composition soil colloid is made conclusion that organic & mineral to gels of ground lumpy and their follows to study exactly with these position.

### **Свиридов Л.Т., Ивановский В.П. О КРИТЕРИЯХ КАЧЕСТВА ИНСТРУМЕНТА.**

Для оценки качества инструмента пользуются различными критериями: безопасности, стойкости, производительности, экономичности и другими. Предлагаемый комплексный критерий качества инструмента позволяет дать ему количественную оценку в процентах и сравнить его с другими. Приводится краткое описание каждого из составляющих комплексного критерия качества, оценка некоторых инструментов и указываются задачи по совершенствованию конструкций.

### **Sviridov L.T., Ivanovsky V.P. ABOUT CRITERIA OF QUALITY OF THE TOOL.**

For an estimation of quality of the tool use various parameters: safety, resistance productivity and others. The offered complex criterion of quality of the tool allows it a quantitative estimation in percentage and to compare it to others. Are resulted then of each quality from making complex criterion, an estimation of some tools and tasks in perfection of designs are specified.

### **Ф.В. Пошарников, А.С. Черных ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ВЫХОДА ПИЛОПРОДУКЦИИ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ ОТ РУБОК УХОДА.**

Рассматриваются проблемы в современном лесопилении и приводятся пути по увеличению объемно-качественного выхода пилопродукции. Проводится формализованное описание параметров поверхностей заготовок и изделий в лесопильном производстве. Рассматривается методика моделирования и оптимизации индивидуального раскроя лесоматериалов с учетом множества факторов. На основе использования сплайн-функции даются рекомендации по адекватному моделированию лесоматериалов и пилопродукции.

### **Posharnikov F.V., Chernyh A.S. WAYS OF INCREASING OF THE OUTPUT SAW TIMBER AT CONVERSION WOOD FROM CHOPPING OF THE CARE.**

The problems are Considered in modern sawmill and happen to the way on increase three-dementional-qualitative output saw timber. The formalized description parameter surfaces of the stocking up and product is conducted in sawing production. The methods of modeling and optimization individual reveal;open lumber is considered with provision for ensemble factor. Recommendations are given On base of the use spline-functions on identical modeling lumber and saw timber.

### **Грязнов С.Е., Суконкин С.Е. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТРАТЕГИИ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.**

Основная идея статьи состоит в том, что для успешного развития лесозаготовительной отрасли в рыночных условиях при формировании стратегии лесопользования необходимо учитывать интересы всех участников отношений лесопользования. Исходя из экономической целесообразности и истории развития лесозаготовок, выделяются две основные стратегии – краткосрочного и долгосрочного пользования. В зависимости от социально-экономических особенностей каждого региона появляется возможность воспользоваться преимуществами как одной, так и другой стратегии. В результате предложенный вариант формирования стратегии лесопользования позволяет: снизить противоречия между участниками отношений лесопользования; стимулировать приток инвестиций в лесозаготовительную отрасль; увеличить валовый внутренний продукт России.

**Griaznov S.E., Sukonkin S.E. EKONOMICS BASES FORM STRATEGY FORESTRY IN RUSSIAN FEDERATION.**

Fundamental idea article consist in for successful development forestry in marketing conditions at form strategy forestry necessary take into account interests everybody participant relation forestry. Take into account economic expediency and historical development forestry distinguish two base strategy – short-term and long-term forestry. In dependence to social-economics peculiarity each region may be employment first or second strategy. In result proposed method form strategy forestry allowing: reduce contradictions between participant relation forestry; stimulate flow investment in forestry; increase general inside product Russia.

**Родионов А.В. РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ КАК ИНДИКАТОР ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЕМ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ).**

В статье представлены результаты теоретических исследований экономических основ неистощительного лесопользования. Обосновано использование рентабельности как индикатора эффективности государственного управления лесопользованием в регионе. Приведены результаты расчетов продолжительности достижения максимальных показателей лесопользования по объему заготавливаемой древесины и стоимости производимой лесной продукции (на примере региона Республика Карелия).

**Rodionov A.V. PROFITABILITY AS THE EFFICIENCY INDICATOR OF THE STATE FORESTRY MANAGEMENT (CASE STUDY REPUBLIC OF KARELIA).**

Results of theoretical researches devoted to the economic bases of sustainable forestry are outlined in the article. Using profitability as the efficiency indicator of the regional state forestry management is proved. Calculations of the duration of achieving forestry maximal parameters (volume of timber harvesting and forest product cost) are presented (case study Republic of Karelia).

**Самолдин А.Н. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ МОДЕЛЕЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАРКЕТИНГОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.**

В статье анализируются общие подходы к определению типа модели, составляемой предприятием в целях оценки эффективности системы маркетинга в целом по основным компонентам, и отдельных мероприятий, составляющих комплекс маркетинга.

**Samoldin A. N. METHODOLOGICAL APPROACH IN MARKETING SYSTEM EFFICACY MODEL MAKING.**

Pattern determine of analytic model Copy strategy for efficiency rating of marketing system as a whole and for unbundled product rating with 4P-marketing-mix

**Шереметьев К.П., Царев А.Г. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВНЕШНИХ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ САЙТА.**

В данной статье рассматривается возможность использования внешних источников статистических данных для персонализации сайта. Вводится новый источник – поисковая система Яндекс и описывается метод персонализации, который учитывает статистические данные указанной поисковой системы.

**Sheremetev K.P., Tsarev A.G. USING OF EXTERNAL STATISTICAL DATA FOR PERSONIFICATION OF A SITE.**

This article examines the opportunity of using of external sources of statistical data for site-personification. In the article are described: the new source – search system “Yandex”– and method of personification which considers statistical data of the specified search system.

**Богатиков А.Н. ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ ГРАФОВ, ВЛОЖИМЫХ В  $n$ -КУБ И ОПИСАНИЕ СТРОЕНИЯ БУЛЕВЫХ ТОРОВ.**

В статье рассматриваются два подхода к определению графов, вложимых в  $n$ -куб. Показано, что эти два подхода, из которых один основан на раскраске графа (предложенный Никоновым В.Г.), а другой – на использовании парасочетательных разрезов (предложенный Горбатовым В.А.), приводят к описанию графов единой природы, называемых булевыми. На основании изучения строения булевых графов в работе выделен новый их класс, названный булевыми торами. Введены параметры, характеризующие булевы торы и доказан ряд утверждений об их геометрическом строении.

**Bogatikov A.N. DESCRIBE OF THE GRAPHS INSERTED IN AN  $n$ -CUBE AND EXPOSITION OF A STRUCTURE OF BOOLEAN TORUSES.**

In the article, two approaches to definition of the graphs inserted in an  $n$ -cube are considered. It is shown, that these two approaches one of which base on painting of graph (suggested by Nikonov V.G.), and another base on using

pairing cutsets (suggested by Gorbatov V.A.), reduce to description of the graphs of the general nature which are called Boolean. In this article, on the basis of study of a structure of Boolean graphs, marked their new class called as Boolean toruses. The parameters describing Boolean toruses are introduced and a series of statements about their geometrical structure are proved.

**Ситников П.Н. ПРОБЛЕМА ВЫБОРА НАЧАЛЬНОЙ ПОПУЛЯЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА, ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ НЕРАВЕНСТВ С БУЛЕВЫМИ НЕИЗВЕСТНЫМИ.**

В статье исследована зависимость функционирования генетического алгоритма от выбора параметров начальной популяции, описаны условия ее координатного вырождения и сформулирован принцип рассеивания образующих векторов. Описан генетический алгоритм, предназначенный для решения систем линейных псевдо-булевых неравенств, в качестве целевой функции которого выступает невязка системы, даны практические рекомендации по использованию элементов кодов с максимальным кодовым расстоянием для формирования начальной популяции и приведены основные оценки максимально достижимого расстояния между кодовыми словами.

**Sitnikov P.N. THE PROBLEM OF CHOOSING THE INITIAL POPULATION OF A GENETIC ALGORITHM USED FOR SOLVING LINEAR INEQUALITY SYSTEMS WITH BOOLEAN INDETERMINATES.**

The article in question explores the dependence of functioning of a genetic algorithm on the choice of initial population parameters; the paper also describes conditions for the coordinate extinction of population and formulates the principle of dispersion constitutive vectors. The article describes the genetic algorithm used for solving linear pseudo-Boolean inequality systems. The system disparity is considered as the objective function. The author gives practical recommendations on using code elements with maximum code distance for forming the initial population and provides fundamental estimates of the maximum attainable distance between code words.

**Домрачев В.Г., Полещук О.М., Поярков Н.Г. МЕТОДЫ И МОДЕЛИ СОЗДАНИЯ И ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ.**

В статье авторы предлагают метод формализации данных, полученных при оценивании характеристик качества образовательных информационных ресурсов; метод выбора шкал для оценивания этих характеристик; модель многокритериального рейтингового оценивания образовательных информационных ресурсов.

**Domrachev V.G., Poleschuk O.M., Poyarkov N.G. THE METHODS AND MODELS OF THE CREATION AND ESTIMATIONS QUALITY EDUCATIONAL INFORMATION RESOURCE.**

In article authors offer the method to formalizations data, got under estimate features quality educational information resource; the method of the choice of the scales for estimate these features; the model multicomponent rating estimate educational information resource.

**Поярков Н.Г. НОВЫЙ МЕТОД ФОРМАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА.**

В статье разработан метод формализации информации образовательного процесса на основе теории нечетких множеств, который позволяет представлять результаты оценивания знаний в универсальном виде.

**Poyarkov N.G. THE NEW METHOD to FORMALIZATIONS of the GIVEN EDUCATIONAL PROCESS.**

In article is designed method to formalizations to information of the educational process on base of the theories of the fuzzy sets, which allows to present the results of estimate knowledges in universal type.

**Бочаров В.С. О РОЛИ ПРАВИТЕЛЬСТВА И ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОРГАНОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВЛАСТИ В ОРГАНИЗАЦИИ ВОЕННОЙ ПОДГОТОВКИ И В ПОДГОТОВКЕ ОФИЦЕРОВ ЗАПАСА ИЗ ЧИСЛА СТУДЕНТОВ ГРАЖДАНСКИХ ВУЗОВ.**

Новый этап развития нашего государства, несомненно, предполагает реформирование организации военной подготовки в системе высшего профессионального образования в новых условиях. Важно, чтобы при принятии новых правовых актов Правительством и Федеральными органами исполнительной власти сохранилась «эволюционность» реформирования военного обучения.

**Bocharov V.S. ABOUT DUG THE GOVERNMENT AND FEDERAL ORGAN EXECUTIVE AUTHORITIES IN ORGANIZATIONS OF MILITARY TRAINING AND TRAINING OFFICER SPARE FROM NUMBER STUDENT CIVIL HIGH SCHOOL.**

The new stage of the development our state, certainly, expects reform organizations of military preparation in system of the high vocational training in new condition. It is Important to when taking the new legal acts by Government and Federal organ executive authorities ed evolution reform military education.

**Шульц А.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В УСТРОЙСТВАХ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА.**

На основе экспериментальных исследований и расчетно - теоретических оценок механизмов теплопередачи в тепловых трубах (ТТ) обосновывается концепция построения новых принципиальных схем для утилизации низкопотенциальных тепловых ресурсов естественной среды и ноосферы.

**Shults A.N. THE RESEARCH IS WARM OF PHYSICAL PROCESSES IN DEVICES FOR RECYCLING LOW OF POTENTIAL HEAT.**

On the basis of experimental researches and the account - theoretical estimations of mechanisms is warm of transfer in heat pipes (HT) the concept of construction of the new basic circuits for recycling low of potential thermal resources is proved.

**Шульц А.Н. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В НЕРАВНОВЕСНОМ ПАРОВОМ ПОТОКЕ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ.**

Описывается экспериментальный стенд и оборудование для решения поставленной задачи

**Shults A.N. THE EXPERIMENTAL STAND FOR RESEARCH OPTICAL NOT OF UNIFORMITY IN NONEQUILIBRIUM IN A STEAM FLOW OF HEAT PIPES.**

The experimental stand and equipment for the decision of the put task is described.

**Кузнецова Е.А., Караваев В.А., Солнцев М.К., Школьников Д.Ю. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЙ АППАРАТ ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫМИ МЕТОДАМИ.**

Исследованы спектры флуоресценции, термолюминесценция и медленная индукция флуоресценции листьев гибридной сирени *Syringa vulgaris* и клена серебристого *Acer saccharinum*, черенки которых перед посадкой были обработаны одним из следующих регуляторов роста: индолил-масляной кислотой, цирконом, корневином и препаратом рибав-экстра. Полученные результаты свидетельствуют о положительном влиянии такой обработки черенков на фотосинтетический аппарат этих растений.

**Kuznetsova E.A., Karavaev V.A., Solntsev M.K., Shkolnikov D.U. STUDY OF GROWTH REGULATORS EFFECT ON THE PHOTOSYNTHETIC APPARATUS OF PLANTS LEAVES BY THE LUMINESCENT METHODS.**

Fluorescence spectra, thermoluminescence, and slow fluorescence induction of the lilac *Syringa Vulgaris* and the silvery maple *Acer saccharinum* leaves are investigated. Before planting, grafts of these plants were treated by the following growth regulators: indolyl-butyric acid, circon, kornevin, and ribav-extra preparation. Results obtained in the work indicate on the positive effect of such a treatment on the photosynthetic apparatus of the plants.

**Поздняков С.А., Гунар Л.Э., Караваев В.А., Солнцев М.К., Глазунова С.А., Кузнецова Е.А. ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗДОРОВЫХ И ПОРАЖЕННЫХ ТРИПСОМ ЛИСТЬЕВ ОГУРЦА.**

Исследованы медленная индукция флуоресценции (МИФ) и термолюминесценция (ТЛ) здоровых и пораженных трипсом растений огурца. Изменения параметров МИФ и ТЛ при поражении растений свидетельствуют в целом об ухудшении структурно-функциональных характеристик мембран хлоропластов и снижении фотосинтетической активности. В ряде случаев на ранней стадии поражения растений наблюдалось незначительное увеличение значений  $(F_M - F_T)/F_T$  МИФ, указывающее на временное повышение удельной (в расчете на хлорофилл) фотосинтетической активности в ответ на стрессовое воздействие трипса.

**Pozdnyakov S.A., Gunar L.E., Karavaev V.A., Solntsev M.K., Glazunova S.A., Kuznetsova E.A. LUMINESCENT CHARACTERISTICS OF HEALTHY AND AFFECTED BY THRIPS CUCUMBER LEAVES.**

Slow fluorescence induction (SFI) and thermoluminescence (TL) of healthy and affected by thrips cucumber plants have been studied. Injury produced by thrips resulted in significant changes in the SFI and TL parameters indicating on the aggravation of structural-functional characteristics of chloroplasts membranes and also on the reduction of photosynthetic activity. In some cases, a slight increase in  $(F_M - F_T)/F_T$  values of the SFI curves was registered indicating on the temporary rise in specific (per chlorophyll content) photosynthetic activity as a reaction on the stress influence of the thrips.