

**ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА ЛЕСА**

ЛЕСНОЙ ВЕСТНИК

Научно-информационный журнал

2004 г. № 4(35)

Координационный совет журнала

Главный редактор
Зам. главного редактора

А.Н. ОБЛИВИН
В.Д. НИКИШОВ

Члены совета

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

Ответственный секретарь

Е.А. РАСЕВА



Номер подготовили:

Ответственный секретарь

Редакторы

Набор и верстка

Е.А. РАСЕВА
О.М. ШИТОВА
Т.В. ГОРБУНЧИКОВА
М.А. ЗВЕРЕВ

Оригинал-макет подготовлен в редакторе Microsoft Word 2000.

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

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

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

© Московский государственный университет леса, 2004

Лицензия ЛР № 020718 от 02.02.1998.

Лицензия ПД № 00326 от 14.02.2000.

Подписано к печати 15.10.2004.

Объем 26,75 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

Максимов В.М.	<i>Формирование искусственных насаждений сосны обыкновенной по типу биосинтеза монотерпенов на основе структуры естественных насаждений</i>	5
Шаяхметов И.Ф., Кулагин А.Ю.	<i>Естественное возобновление широколиственных пород под пологом водоохранно-защитных лесов на Уфимском плато</i>	11
Войтко П.Ф.	<i>Математические модели лесоперевалочных процессов и дополнительных нагрузок в упругих связях кранов и бремсбергов при выгрузке лесных грузов из воды</i>	20
Давыдычев А.Н., Кулагин А.Ю.	<i>Феномен различия календарного и биологического возрастов ели сибирской (<i>Picea obovata ledeb.</i>) и тихты сибирской (<i>Abies sibirica ledeb.</i>) в широколиственно-хвойных лесах уфимского плато</i>	28
Мухамедшин К.Д., Шамшиев Б.Н., Джороев З.Х.	<i>Связь прироста ореха грецкого с климатическими факторами</i>	33
Степаненко И.И.	<i>Азотные удобрения и динамика микроструктуры древесины в сосняке долгомошном</i>	36
Камышова Л.В.	<i>Влияние рубок ухода на устойчивость культур сосны</i>	41
Гахрамани Л.	<i>Динамика древесного опада в еловых древостоях</i>	43

Экология

Щекалев Р.В., Тарханов С.Н.	<i>Плотность древесины сосны Северо-Двинского бассейна в условиях аэротехногенного загрязнения</i>	49
Кулагин А.А.	<i>Экофизиологические эффекты при действии некоторых металлов на растения в условиях хронического загрязнения окружающей среды (на примере тополя бальзамического – <i>Populus balsamifera l.</i>)</i>	56
Зайцев Г.А., Шарифуллин Р.Н.	<i>Особенности анатомического строения полускелетных корней <i>Pinus sylvestris l.</i> и <i>Larix sukaczewii dyl.</i> в условиях нефтехимического загрязнения Уфимского промышленного центра</i>	61
Щербинина А.А.	<i>Структурные аномалии крон древесных растений придорожной полосы МКАД</i>	64

Почвоведение

Федотов Г.Н., Шалаев В.С., Пахомов Е.И.	<i>Влияние солей на естественные электрические поля в почвах</i>	72
Востокова Л.Б., Шишкина Н.Г., Орешникова Н.В.	<i>Бонитировка почв лесной зоны Западной Сибири</i>	80
Бочкова И.Ю., Цветкова М.В.	<i>Влияние почвенных добавок и удобрений на рост и развитие цветочных культур в контейнерах</i>	86

Биотехнологии

Короткина М.Р., Бурлаков А.Б.	<i>Биофотонная эмиссия</i>	89
----------------------------------	----------------------------	----

Экономика

Меньшикова М.А.	<i>Затраты предприятий лесного сектора как объект экономического управления</i>	101
Меньшикова М.А.	<i>Методические основы формирования экономической стратегии управления затратами в лесном секторе</i>	109

Чернякевич Л.М.	<i>Экономическое обоснование форм организации ведения лесного хозяйства</i>	114
Керина Э.Н.	<i>Некоторые аспекты финансирования предприятий лесного комплекса</i>	121
Бирюкова М.В.	<i>Построение функции прибыли в оптимизационной модели производства фанерной продукции</i>	129
Химические технологии		
Носкова О.А., Хакимова Ф.Х., Ковтун Т.Н.	<i>Изменения основных свойств хлопковой и древесной целлюлозы в процессе получения порошковой целлюлозы методом гидролитической деструкции</i>	133
Математическое моделирование		
Полещук О.М.	<i>Профессиональный отбор выпускников вуза на основе нечетких характеристик</i>	142
Домрачев В.Г., Полещук О.М., Попова И.А.	<i>Модель многокритериального экспертного оценивания программных средств обеспечения финансово-хозяйственной деятельности организации</i>	149
Попова И.А.	<i>Проблемы автоматизации финансово-хозяйственной деятельности учреждений сферы образования</i>	153
Полещук О.М., Леонтьев А.А.	<i>Рейтинговые оценки систем управления электронной библиотекой</i>	157
Леонтьев А.А.	<i>Построение системы управления электронной библиотекой на базе автоматизированной библиотечно-информационной системы</i>	162
Беляков П.А., Никонов В.Г.	<i>Синтез латинских квадратов с помощью полиномов двух переменных над кольцом Z_{2^k}</i>	167
Анашкина Н.В.	<i>Использование алгоритма балаша для нахождения решения системы линейных ограничений специального вида</i>	176
Ролдугин П.В., Тарасов А.В.	<i>О классе булевых функций, представимых в виде произведения функций от двух переменных</i>	180
Черемушкин А.В.	<i>Однозначность разложения двоичной функции в неповторное произведение нелинейных неприводимых сомножителей</i>	186
Журавлева О.Н., Рыбников К.К.	<i>Принципы построения системы преподавания основ дискретного анализа от средней школы до высшего учебного заведения (полный текст доклада на II Колмогоровских чтениях. Ярославль – 2004)</i>	191
Горшков С.П.	<i>К вопросу о сложности решения систем булевых уравнений</i>	196
Мельников С.Ю.	<i>Регистры сдвига с Чезаровским входом</i>	200
Воспоминания размышления		
Волобаев А.М.	<i>Эстетика и инженер – история и современность</i>	203

ФОРМИРОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ПО ТИПУ БИОСИНТЕЗА МОНОТЕРПЕНОВ НА ОСНОВЕ СТРУКТУРЫ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ

В.М. МАКСИМОВ, *доц. каф. лесных культур и селекции ВГЛТА, канд. биол. наук*

Как отмечалось ранее, многие исследователи пришли к выводу, что синтез таких компонентов, как α -пинен и Δ^3 -карен в составе терпентинных масел, находится под генетическим контролем и их сочетание можно использовать в лесоводственно-биологических исследованиях. Так, при разработке программы гибридизации наиболее эффективным является принцип подбора родительских пар с учетом индивидуальных особенностей деревьев, который позволит установить закономерности наследования тех или иных признаков. Из литературных данных известно, что различный характер продуцирования эфирных масел, возможно, определяется не хромосомной, а цитоплазматической наследственностью, так как биосинтез терпеноидов в эпителиальных клетках происходит на мембранах, а также в лейкопластах, митохондриях и ядре.

В связи с выявленными в процессе исследований данными о наследуемости состава монотерпеновой фракции эфирного масла (ЭМ) у сосны обыкновенной при контролируемом скрещивании особей с известным типом биосинтеза терпенов, можно практически планировать получение определенного числа семян с требуемым количественным содержанием α -пинена и Δ^3 -карена. Для этого необходимо определить тип биосинтеза ЭМ монотерпеновой фракции скрещиваемых особей. При этом:

- эфирное масло из хвои родительских деревьев выделяется методом экстрагирования диэтиловым эфиром или гидроксилиацией по методике, разработанной в Воронежской лесотехнической академии;

- качественный состав ЭМ изучается методом газожидкостной хроматографии;

- для получения 30–35 % растений пиненистого типа (α -пинена – 42±5 %, Δ^3 -карена – 18±5 %) следует провести контролируемое скрещивание особи каренистого типа (α -пинена – 18±5 %, Δ^3 -карена – 36±5 %) с особью собственно непиненистого типа (α -пинена 54 % и более, Δ^3 -карена 12 % и менее) или особи собственно-пиненистого типа (α -пинена – 54 % и более, Δ^3 -карена – 12 % и менее) с особью каренистого типа (α -пинена – 24±5 %, Δ^3 -карена 36±5 %);

- чтобы получить 35–40 % потомства пиненистого типа или промежуточного с составом ЭМ монотерпеновой фракции, соответствующего составу материнского дерева (±5 %), необходимо провести скрещивание особи промежуточного типа (α -пинена – 36±5 %, Δ^3 -карена – 36±5 %) или особи пиненистого типа (α -пинена – 42±5 %, Δ^3 -карена – 24±5 %) с особью пиненистого типа;

- практически получается 30–35 % саженцев собственно-пиненистого типа при проведении контролируемого скрещивания особи собственно-пиненистого типа (α -пинена – 54 % и более, Δ^3 -карена – 12 % и менее) с особью пиненистого типа (α -пинена – 42±5 %, Δ^3 -карена – 18±5 %). Таким образом, рекомендуется:

1. На семенных плантациях, вступивших в период плодоношения, провести хемоинвентаризацию по составу монотерпенов с целью предопределения направления контролируемого скрещивания.

2. Для получения 35–40 % потомства собственно-пиненистого и промежуточного типа биосинтеза монотерпеновой фракции эфирного масла необходимо установить типы биосинтеза родительских особей и про-

вести контролируемое скрещивание деревьев с определенным содержанием α -пинена и Δ^3 -карена.

В Усманском бору (Воронежская обл.) для практического выхода используется тот факт, что в условиях местообитания с ограниченной степенью влажности и минерального питания (сосняки лишайниковый и зеленомошниковый) доля деревьев каренистого типа – 22 % и, напротив, в условиях влажных и переувлажненных (сосняк травяноболотный) доминирующим является 89 % деревьев пиненистого типа, а количество представителей каренистого типа не установлено.

В Хреновском бору (Воронежская обл.), который находится на самом юге ареала сосны, сосняк лишайниковый имеет 36 % особей каренистого типа и всего около 20 % пиненистого, а сосняк молиниевый – в два раза меньше: 18 % деревьев каренистого типа, но более чем вдвое больше (38 %) пиненистого типа биосинтеза. Сосняк при-степного бора с 28 % каренистого и 41 % пиненистого типов деревьев занимает промежуточное положение.

Анализ структуры популяций Цнинского бора Тамбовской области показал, что в плюсовом насаждении Перкинского лесокомбината установлен 71 % деревьев пиненистого типа, 14 % промежуточного типа и 15 % каренистого типа биосинтеза монотерпенов. Из общего числа деревьев пиненистого типа 65 % составляют особи с содержанием α -пинена 31–54 % и Δ^3 -карена 12–30 %.

В плюсовом насаждении Моршанского лесокомбината (Тамбовская обл.) частота встречаемости хемотипов сосны такова: 26 % деревьев сосны пиненистого типа, 18 % промежуточного типа и 56 % деревьев каренистого типа. В 56 % деревьев каренистого типа 39 % составляют особи с содержанием α -пинена от 12 до 24 % и Δ^3 -карена от 31–41 %. На всех объектах и в очагах корневой губки выделены сохранившиеся экземпляры сосны с повышенным содержанием Δ^3 -карена (25–35 %).

Результаты вышеуказанных исследований показывают, что распределение деревьев по типам биосинтеза монотерпенов

различается для естественных насаждений, произрастающих в различных лесорастительных условиях. Полученные результаты позволяют предложить:

- провести хемоинвентаризацию плюсовых насаждений и особо ценных массивов с целью изучения их структуры по типу биосинтеза терпенов. Для этого рекомендуется метод экстрагирования ЭМ диэтиловым эфиром. Он зарекомендовал себя как наиболее производительный и не требующий сложного оборудования при массовых анализах;

- создавать лесные культуры сосны обыкновенной в условиях ЦЧО сеянцами с определенным составом монотерпенов ЭМ, общий набор которых должен быть в соответствии со структурой типов леса данной естественной популяции, а именно:

- для условий A_0 – A_2 Усманского бора – 15–20 % каренистого, 25–35 % промежуточного и 45–60 % сеянцев (саженцев) пиненистого типа. Во влажных субборах (B_3 – B_4) – 10–15 % каренистого, 20–25 % промежуточного и 60–80 % пиненистого;

- для условий A_0 – A_2 Хреновского бора – 30–40 % каренистого, 35–45 % промежуточного типа и 20–30 % посадочного материала пиненистого типа. В условиях B_2 – B_3 15–20 % каренистого типа, 30–35 % промежуточного типа и 45–55 % пиненистого типа биосинтеза терпенов. В условиях сложной свежей субори (C_2) рекомендуется иметь 25–30 % особей каренистого типа, 30–40 % промежуточного типа и 40–45 % представителей пиненистого типа;

- для выращивания искусственных насаждений при лесокультурном производстве в условиях (B_2) Цнинского бора предполагается высаживать 20–30 % посадочного материала пиненистого типа, 15–25 % промежуточного типа и 50–60 % каренистого типа, а для условий C_2 иметь в составе 65–75 % особей пиненистого типа, 10–20 % промежуточного и 10–20 % каренистого типа биосинтеза терпенов по содержанию основных компонентов;

- на старопахотных категориях земель и площадях с погребенными плодород-

ными горизонтами в составе лесных культур должно быть не менее 30 % деревьев каренистого типа биосинтеза монотерпенов;

- размещение устойчивых хемотипов должно быть равномерным по всей площади;

- подготовка почвы может быть сплошная или частичная;

- последующие рубки ухода проводить в соответствии со схемой посадки по-деревно, рядовыми или коридорными способами, оставляя на площади лучшие деревья каренистого типа биосинтеза.

При создании насаждений сосны предлагаемые рекомендации позволят сохранить структуру популяций сосны обыкновенной в ЦЧО на основе введения при восстановлении коренных типов леса определенного процентного отношения деревьев пиненистого, промежуточного и каренистого типов биосинтеза в соответствии с их естественной структурой.

Предлагаемые рекомендации относятся к лесному хозяйству, в частности, к способам создания насаждений, позволяющим повысить устойчивость и долговечность сосновых насаждений путем предотвращения их заболевания на площадях, зараженных корневой губкой. Это достигается путем введения в состав посадочного материала при закладке (посадке) устойчивых к заболеванию корневой губкой хемотипов сосны.

Известен способ защиты сосновых насаждений от корневой губки, который используют с целью повышения локализации очагов заболевания сплошными рубками, а все свежие пни обрабатывают биопрепаратами. Рассматриваемый способ не предотвращает заболевание, но частично локализует его очаг. Применение биопрепарата имеет свои нежелательные экологические последствия.

Известен способ оздоровления сосновых насаждений при заболевании их корневой губкой [1], при котором зону сильного заражения вырубает сплошной санитарной рубкой, опахивают, сеют люпин, а на следующий год проводят посадку чистых листовых культур. Основным недостатком

данного способа является нежелательная смена хвойных пород на лиственные.

Известен также способ рубок ухода в культурах сосны и ели, восприимчивых к поражению корневой губкой. Трехприемными линейными рубками формируются широкие коридоры, в которых, по данным авторов, оставшиеся пни лучше разрушаются бурными гнилями. Это препятствует повреждению корней деревьев корневой губкой и ее распространению в культурах. К недостаткам данного способа следует отнести то, что как таковой он не предотвращает самого заражения насаждения, а ширина прорубаемых коридоров не является основным фактором, влияющим на скорость разрушения пней. По этим причинам данный способ не имеет достаточно выраженной эффективности в борьбе с корневой губкой.

Наиболее близким по своей сущности к предлагаемому способу является способ создания насаждений сосны обыкновенной [2] и описанный в нем прототип.

Повышения долговечности достигают введением при закладке насаждения черемухи Маака и ландыша майского в соотношении сосна обыкновенная + черемуха Маака + ландыш майский (в соотношении 1:1,5) + 97 %, сосна обыкновенная + черемуха Маака + 78,2 %. Способ основан на влиянии формирующегося антипатогенного потенциала ризосферной почвы к патогену гриба корневой губкой. Рассматриваемый способ, как прототип, несомненно, имеет свое теоретическое обоснование, но практическое его использование крайне ограничено, и, как пишут сами авторы, рекомендуется в лесопарковых посадках.

Объективные причины не дают возможности говорить о масштабном использовании данного способа формирования сосновых насаждений при лесовозобновлении. В связи с тем, что производство лесных культур, устойчивых к корневой губке, необходимо проводить в лесном хозяйстве страны на сотнях и сотнях гектаров каждой лесорастительной зоны, создание сосново-черемуховых насаждений приводит к формированию низкополнотных, а следовательно-

но, и низкопродуктивных по запасу древесины насаждений. Сосна обыкновенная и черемуха Маака по своим лесоводственно-биологическим характеристикам успешно произрастают в диаметрально противоположных лесорастительных условиях. Поэтому смешение их в лесных культурах в больших масштабах производства при лесовыращивании не имеет лесоводственно-хозяйственного обоснования.

Введение в состав насаждения ландыша майского биогруппами или мозаично вряд ли может серьезно сказаться на эффективности борьбы с активно распространяющимся очагом корневой губки в культурах. Учитывая объемы лесокультурного производства, имеющееся количество ландыша майского как посадочного материала с ручной посадкой его весной в ямки, можно говорить о возможности использования данного способа только в очень ценных городских посадках.

Задачей, на решение которой направлено исследование, является повышение устойчивости и долговечности искусственно выращиваемых сосновых насаждений на основе предотвращения их заболевания и дальнейшего разрушения корневой губкой.

Неоднократно отмечалось, что синтез основных компонентов α -пинена и Δ^3 -карена находится под генетическим контролем. Поэтому данные о его содержании можно использовать для изучения структуры популяции сосны обыкновенной в качестве признака-фена. Известно, что Δ^3 -карен имеет антифитопатогенные свойства по отношению к возбудителю болезни сосны обыкновенной – корневой губке [4, 6].

Для решения этой задачи в общепринятый в лесном хозяйстве способ лесокультурного производства, включающий в себя подготовку почвы, посадку и рубки ухода, на старопахотных землях, участках леса и вырубках, зараженных корневой губкой, увеличивать на 15–20 % долю в составе растений (сеянцев, саженцев) устойчивого хемотипа по отношению к патогену по составу хвойного эфирного масла (ЭМ).

Для осуществления способа необходимо:

- создавать лесные культуры сосны обыкновенной в ЦЧО сеянцами с определенным составом монотерпенов ЭМ, общий набор которых должен быть в соответствии со структурой типов леса данной естественной популяции;

- для определения структуры использовать литературные данные [4] или экспресс-метод экстрагирования ЭМ диэтиловым эфиром как наиболее производительный и не требующий сложного оборудования при массовых анализах [3];

- на старопахотных категориях земель и площадях, зараженных корневой губкой, увеличивать на 15–20 % в составе лесных культур долю устойчивых хемотипов каренистого типа;

- размещать устойчивые хемотипы равномерно по всей площади, что обеспечивается подеревным рядовым и ленточным способом размещения;

- подготовить почву (может быть сплошной или частичной): бороздами, полосами;

- размещать посадочные места 1,5 x 0,7; 2,5 x 0,7, что определит густоту посадки 5,7–9,5 тыс.шт/га;

- проводить последующие рубки ухода в соответствии со схемой посадки подеревно, рядовым или коридорным способом на основе действующих наставлений по рубкам ухода, оставлять на площади лучшие деревья каренистого типа биосинтеза.

Создание насаждений сосны предлагаемым способом позволит, на основе общепринятой технологии лесовосстановительного процесса введением в состав лесных культур особей каренистого типа с их фунгицидной активностью к корневой губке, повысить устойчивость к данному патогену. Указанный способ имеет основное преимущество перед вышеуказанными аналогами и прототипом в том, что предотвращает заражение сосны в возрасте молодняков и формирует здоровые насаждения в среднем и спелом возрасте.

При такой первоначальной густоте и сплошной подготовке проведено порядное смешение. Устойчивый хемотип занимает каждый третий ряд в посадке культур, что составляет 30 % – 2,85 тыс.шт./га. Оставшиеся 10 % или 1 тыс.шт. сеянцев размещается рендомезированно (случайно) в 1 и 2 рядах, состоящих из саженцев промежуточного и пиненистого типа биосинтеза.

К моменту смыкания в 10–15 лет плодовых тел корневой губки не установлено.

В результате естественного отпада и проведения рубок ухода (осветление) на площади оставлено 1,9–2 тыс.шт./га – 40–42 % деревьев каренистого типа, 1,4–1,5 тыс.шт./га – 30–32 % промежуточного типа и 1,3–1,4 тыс.шт./га – 28–30 % пиненистого типа.

В возрасте жердняка (20–25 лет) на участке плодовых тел гриба корневой губки не обнаружено. Проводится вторая очередь рубок ухода – прочистка. На участке оставлено 38–40 % – 0,9–1,0 тыс.шт./га деревьев каренистого типа, 0,7–0,8 тыс.шт./га – 30–32 % промежуточного типа и 0,6–0,7 тыс.шт./га – 28–30 % пиненистого типа.

К среднему и приспевающему возрасту в результате прореживания и проходных рубок на участке оставляется до 40–45 % 250–300 шт./га деревьев каренистого типа биосинтеза, 30–32 % 180–200 штук деревьев промежуточного типа и 25–28 % 100–150 биотипов пиненистого типа биосинтеза монотерпенов.

Создание насаждений сосны предлагаемым способом позволит сохранить структуру популяции сосны обыкновенной в ЦЧО на основе введения при восстановлении коренных типов леса определенного процентного соотношения деревьев пиненистого, промежуточного и каренистого типа биосинтеза в соответствии с их естественной структурой.

Учитывая фунгицидную активность особей каренистого типа биосинтеза к корневой губке, определили возможность выращивания устойчивых сосновых насаждений на площадях, зараженных грибом.

Предлагаемый способ создания сосновых насаждений рекомендуется в ЦЧО Воронежской, Тамбовской, Липецкой, Белгородской и Орловской областей на базе лесхозов и лесокомбинатов, занимающихся лесовосстановлением и лесовыращиванием, лесокультурный фонд которых имеет десятки и сотни гектаров лесных земель, зараженных корневой губкой.

Пример 1

Для борových условий (А₀–А₂) в очаге корневой губки Усманского бора Воронежской области установлено, что естественная структура сосновых насаждений включает в себя 15–20 % каренистого типа, 25–35 % промежуточного и 45–60 % деревьев сосны обыкновенной пиненистого типа биосинтеза монотерпенов.

По частично подготовленной (бороздами) почве посажено при размещении 2,5 x 0,7 м – 5,7 тыс.шт./га, в том числе 35 % сеянцев каренистого типа, 30 % промежуточного и 35 % пиненистого типа, что по абсолютной величине составляло 2,0 тыс.шт.сеянцев каренистого типа, 1,7 тыс.шт.сеянцев промежуточного и 2,0 тыс.шт.сеянцев пиненистого типа смешения.

При такой первоначальной густоте посадки и бороздной подготовке почвы проведено порядное смешение вышеуказанных хемотипов. Устойчивый каренистый хемотип занимает третий ряд (борозду) в закладываемых культурах.

К возрасту 10 лет плодовых тел корневой губки не установлено.

В результате естественного отпада и первого равномерного приема рубок ухода (осветления) на площади оставлено 0,9–1,0 тыс.шт./га – 34–35 % каренистого, 800–850 шт./га – 30–34 % промежуточного, 0,9–1,0 тыс.шт./га – 34–35 % пиненистого типа.

В возрасте жердняка (20–25 лет) на участке в 1 га на старых пнях разрушенного насаждения единично обнаружены плодовые тела корневой губки. Проведена вторая очередь рубок ухода – прочистка. На площади оставлено 450–500 шт./га – 35 % каренисто-

го, 400–450 шт/га – 30 % промежуточного и 450–500 шт/га пиненистого типа.

К средневозрастному периоду в результате проведения прореживания и проходных рубок ухода на участке оставляется до 30–35 % – 200–250 шт./га деревьев каренистого типа биосинтеза, 30 % – 200 шт./га промежуточного и 30–35 % пиненистого типа – 200–250 шт./га.

Пример 2

На старопахотных землях в условиях свежей сложной субори (С2) Хреновского бора Воронежской области установлено, что естественная структура сосновых насаждений состоит из 25–30 % особей каренистого типа, 30–40 % промежуточного типа и 40–45 % представителей пиненистого типа.

По сплошной подготовленной почве посажено при размещении 1,5 x 0,7 м – 9,5 тыс.шт./га, в т.ч. 40 % – 3,8 тыс.шт./га семян каренистого типа, 30 % – 2,85 тыс.шт./га семян промежуточного и 30 % – 2,85 тыс.шт./га семян пиненистого типа биосинтеза.

При такой первоначальной густоте и сплошной подготовке проведено порядное смешение. Устойчивый хемотип занимает каждый третий ряд в посадке культур, что составляет 30 % – 2,85 тыс.шт./га. Оставшиеся 10 % или 1 тыс.шт. семян размещаются рендомезированно (случайно) в 1 и 2 рядах, состоящих из саженцев промежуточного и пиненистого типа биосинтеза.

К моменту смыкания в 10 лет плодовых тел корневой губки не установлено.

В результате естественного отпада и проведения рубок ухода (осветления) на площади оставлено 2 тыс.шт./га – 42 % деревьев каренистого типа, 1,5 тыс.шт./га – 32 % промежуточного типа и 1,3 тыс.шт./га – 28 % пиненистого типа.

В возрасте жердняка (20 лет) на участке плодовых тел гриба корневой губки не обнаружено. Проводится вторая очередь рубок ухода – прочистка. На участке оставлено 38 % – 0,9 тыс.шт./га деревьев каренистого типа, 0,8 тыс.шт./га – 32 % промежуточного типа и 0,7 тыс.шт./га – 30 % пиненистого типа.

К среднему и приспевающему возрасту результатом прореживания и проходных рубок на участке оставляется до 40 % – 250 шт./га каренистого типа и 32 % – 200 шт. деревьев промежуточного типа и 28 % – 150 биотипов пиненистого типа биосинтеза монотерпенов.

Вывод

Создание насаждений сосны предлагаемым способом позволяет на основе общепринятой технологии лесовосстановительного процесса введением в состав лесных культур особей каренистого типа с их фунгицидной активностью к корневой губке повысить устойчивость к данному патогену. Использование предлагаемого способа предотвращает заражение сосны в возрасте молодняков и формирует здоровые насаждения в среднем и спелом возрасте.

Список литературы

1. А.с. №1311664 СССР. кл. А 01623/00. Лесная фитопатология / Э.С. Соколов и др. – М. : Лесн. пром-сть, 1981. – С. 265–268.
2. А.с. № 1639505, кл.А 01623/00. Возможности использования аллелопатических свойств деревьев и кустарников для формирования хвойных насаждений, устойчивых к корневой губке / Р. Пампе, Л. Василяускас – Каунас, 1972. – С. 174–177.
3. Дерюжкин Р.И. и др. Сравнение состава монотерпенов хвои сосны обыкновенной, извлеченных экстрагированием и с водяным паром / Р.И. Дерюжкин, В.М. Максимов, Р.Д. Колесникова, А.И. Чернодубов // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. – 1981. – №7. – С. 13–15.
4. Максимов В.М. и др. Анализ структуры прибалтийских популяций сосны обыкновенной по составу эфирных масел / В.М. Максимов, А.И. Чернодубов, Р.И. Дерюжкин, Р.Д. Колесникова // Эфирные масла древесн. пород: Сб. науч. тр. – Красноярск, 1981. – С. 27–29.
5. Чудный А.В. Сопряженность смолопродуктивности и состава терпентинного масла у *Pinus sylvestris* L. и ее практическое значение // Растит. ресурсы. – 1981. – Т. 17. – Вып. 1. – С. 98–101.
6. Чудный А. В. Сопряженность состава терпентинных масел и устойчивости к повреждениям насекомыми и болезням видов семейства Pinaceae // Растит. ресурсы. – 1984. – Т. 20. – Вып. 2. – С. 153–166.

ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ПОРОД ПОД ПОЛОГОМ ВОДООХРАННО-ЗАЩИТНЫХ ЛЕСОВ НА УФИМСКОМ ПЛАТО

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

Исследование подпологового возобновления подроста широколиственных пород проводилось в условиях Башкирского Предуралья (Уфимское плато) в пределах водоохранно-защитных лесов Павловского водохранилища (р. Уфа). Уникальность района исследования заключается в сосредоточении на небольшой территории широкого спектра типов лесорастительных условий (ЛРУ). Всего здесь было выделено 14 типов ЛРУ [10, 11]. Особо следует отметить наличие многолетней почвенной мерзлоты на северных и южных мерзлотных склонах, а также представленность в этих лесах практически всех древесных пород-лесообразователей, произрастающих на территории Предуралья и Южного Урала. В пределах водоохранно-защитной полосы Павловского водохранилища отмечается наличие дубняков, ильмовников и кленовников, отсутствующих в центральной части плато [4, 8, 9]. Следует отметить, что Предуралье выступает восточным крылом ареала распространения широколиственных пород [3].

Объектом данного исследования является мелкий (высотой менее 0,5 м) и крупный подрост липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.), ильма горного (*Ulmus glabra* Huds.), клена остролистного (*Acer platanoides* L.) и дуба черешчатого (*Quercus robur* L.).

Изучение особенностей подпологового возобновления проводилось методом закладки пробных площадей и обследования насаждений [15]. Пробные площади по 0,25 га закладывались в различных типах ЛРУ. В пределах каждой пробной площади для учета количества мелкого подроста закладывалось по 100 учетных площадок площадью 0,5 м². Крупный подрост учитывался на 30 площадках площадью по 4 м². При перерешетах указывались высота, возраст растений подроста, а также их жизненное состояние.

На рис. 1 представлен ареал распространения липы мелколистной в различных типах ЛРУ. На схеме видно, что липа является эвритопной породой. Стоит отметить, что за последние 50–60 лет широколиственные породы, и в том числе липа, значительно расширили ареалы своего произрастания. Это является результатом проведенных рубок коренных типов леса с последующим возобновлением и сменой породного состава.

Несмотря на эвритопность, липа слабо возобновляется семенным путем. В основном она размножается вегетативным путем. Причиной неудовлетворительного семенного возобновления является массовая элиминация липы главным образом в фазе проростка. Гибнут всходы липы (более 90 %) в результате поражения грибными заболеваниями (родов *Rhizoctonia*, *Alternaria* и *Fusarium*). Остальные всходы вымерзают в осенне-зимний период. Причиной гибели всходов может послужить также периодическое иссушение подстилки и верхнего корнеобитаемого слоя почвы. Лишь небольшая часть двухлетних сеянцев (1–2 %) переходит в ювенильное возрастное состояние [12].

В силу указанных причин семенное возобновление липы наблюдается лишь в крупнопоротниково-снытевом (1), липняково-зеленомошном (8) и хвощово-кислично-снытевом (5) типах ЛРУ. В пихтаче крапивно-снытевом (0) в составе древостоя липа доходит до 5 единиц и до 3 единиц в ильмовнике крапивно-снытевом. Возобновление липы в этом типе ЛРУ происходит вегетативным путем. В ильмовнике крапивно-снытевом количество подроста липы составило 0,5 тыс.шт./га, из них 0,2 тыс.шт./га – крупного. В пихтаче крапивно-снытевом возобновление липы отсутствует полностью.

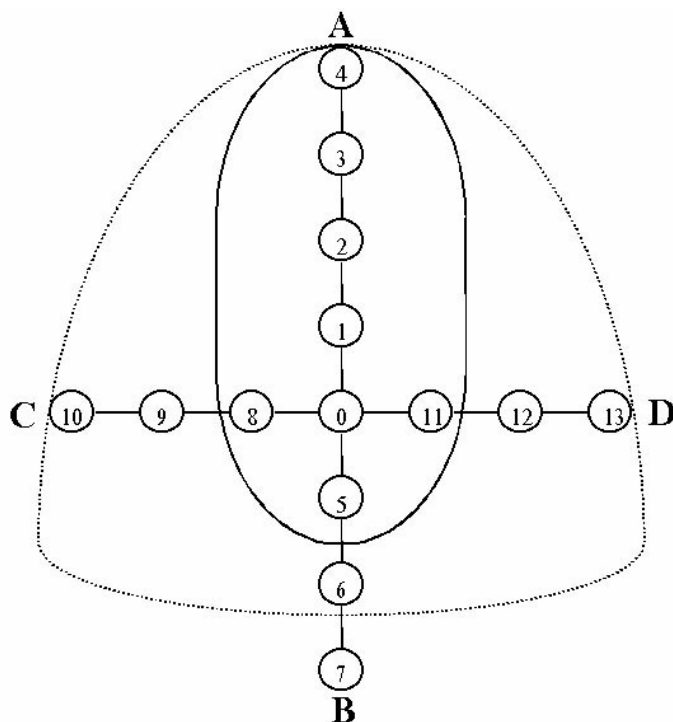


Рис. 1. Экологический ареал липы мелколистной в различных типах ЛРУ (схема типов ЛРУ по Ю.З. Кулагину, 1979). (— — доминирующего в древостое, — представленного в составе древостоя единично) А (0–4) – ряд ксеротрофитизации; С (0–10) – ряд гелиопсихотрофитизации; В (0–7) – ряд гидротрофитизации; D (0–13) – ряд сциопсихотрофитизации. * – Расшифровка номеров по типам ЛРУ дана в тексте

Несколько выше показатели встречаемости подраста липы в крупнопоротниково-снытевом типе ЛРУ (1). Липа в ельник-пихтаче крупнопоротниково-снытевом достигает до 3 единиц во втором ярусе. Подрост липы здесь в основном семенного происхождения. В ельник-пихтаче крупнопоротниково-снытевом крупный подрост липы преобладает над мелким и составляет 12 тыс.шт./га. Мелкий подрост липы составляет соответственно 1,4 тыс.шт./га.

В липняке орляково-снытевом (2) липа находится в доминирующем положении и составляет 8 единиц в первом и 3 единицы во втором ярусах. Но, несмотря на это, возобновление липы здесь идет крайне неудовлетворительно и не превышает 1,0 тыс.шт./га, из них 0,8 тыс.шт./га – крупного подраста. Самосев липы в этом типе леса отсутствует.

Коротконожково-снытевый тип ЛРУ (3) приурочен к узким плато и их южным перегибам. Этот тип ЛРУ представлен насаждениями, в составе древостоя которых до-

минирует липа (до 6 единиц). Однако количество подраста в липняке коротконожково-снытевом меньше, чем в ельник-пихтаче крупнопоротниково-снытевом, и составляет 7,8 тыс.шт./га, из них 5,2 тыс.шт./га – крупного. Подрост здесь представлен в большей части вегетативными растениями.

Чилиговый тип ЛРУ (4) характеризуется крайним положением по ряду ксеротрофитизации. Липа входит в состав дубняка чилигового во втором ярусе до 4 единиц, а в первом до 1 единицы, то есть ксеротрофные условия не являются препятствием для роста и развития липы. Крупный подрост в дубняке чилиговом несколько уступает по количеству мелкому и составляет 1,9 тыс.шт./га. Мелкий подрост соответственно – 2,1 тыс.шт./га. Самосев липы в дубняке чилиговом обилен, однако он недолговечен и массово вымирает. Причиной этого является периодическое пересыхание подстилки и верхних слоев почвы в этом типе ЛРУ. В основной своей массе крупный подрост представлен вегетативными растениями.

Хвощово-кислично-снытевый тип ЛРУ (5) приурочен к подошвам склонов. В пихтачельнике хвощово-кислично-снытевом липа представлена незначительно, в основном во втором ярусе до 2 единиц. В производных типах леса, в частности, в липняке хвощово-кислично-снытевом, липа составляет до 4 единиц в составе первого яруса древостоя. В этих двух типах леса мелкий подрост преобладает над крупным. В пихтаче хвощово-кислично-снытевом возобновление липы идет крайне слабо и не превышает 1,7 тыс.шт./га. Несколько лучше оно происходит в липняке хвощово-кислично-снытевом, где количество крупного подроста липы достигает до 1,9 тыс.шт./га, а мелкого – 3,5 тыс.шт./га. Отметим, что в этом типе леса подрост липы в основном семенного происхождения.

Под пологом липняково-зеленомошного типа ЛРУ (8) возобновление липы идет неудовлетворительно. В составе древостоя сосняка липняково-зеленомошного липа входит лишь во второй ярус до 8 единиц. Суммарное количество подроста в этом типе леса не превышает 1,0 тыс.шт./га, из них 0,3 тыс.шт./га – крупного.

В липняково-кислично-снытевом типе ЛРУ (11), который приурочен к пологим склонам с устойчивой и умеренной увлажненностью, возобновление липы идет намного лучше, чем в липняково-зеленомошном типе ЛРУ (8). В пихтаче липняково-кислично-снытевом липа представлена как в первом (до 1 единицы), так и во втором ярусе (до 6 единиц). Количество крупного подроста (4,2 тыс.шт./га) в этом типе леса намного превышает количество мелкого (0,8 тыс.шт./га).

В крайних вариантах (осочково-зеленомошный (9), зигаденусово-зеленомошный (10), мелкопапоротниково-зеленомошный (12) и сфагново-зеленомошный (13) типы ЛРУ) с холодными и охлажденными почвами липа представлена только в производных типах леса. В этих типах ЛРУ главную роль в возобновлении липы играет вегетативный подрост.

Возобновление ильма в целом приурочено к теплым, умеренно влажным условиям с достаточно плодородными почвами. Этим ус-

ловиям соответствуют крапивно-снытевый тип ЛРУ (0), где возобновление ильма происходит преимущественно семенным путем. В ильмовнике крапивно-снытевом ильм доминирует в составе древостоя и доходит до 5 единиц. В этом типе ЛРУ наблюдается наибольшее количество подроста. Оно составляет 214,1 тыс.шт./га, из них 1,0 тыс.шт./га – крупного подроста. Столь резкое расхождение в количестве мелкого и крупного подроста связано с массовым самосевом и большим отпадом мелкого подроста на начальных этапах развития. Возобновление ильма в коренных типах леса протекает успешно. Так, в пихтаче крапивно-снытевом ильм входит единично в состав первого яруса, а во втором ярусе доходит до 5 единиц. Подрост в этом типе леса преимущественно семенного происхождения. Общее количество подроста составляет 128,8 тыс.шт./га. Количество крупного подроста в этом типе несколько больше, чем в производном ильмовнике крапивно-снытевом (3,4 тыс.шт./га) (рис. 2).

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

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

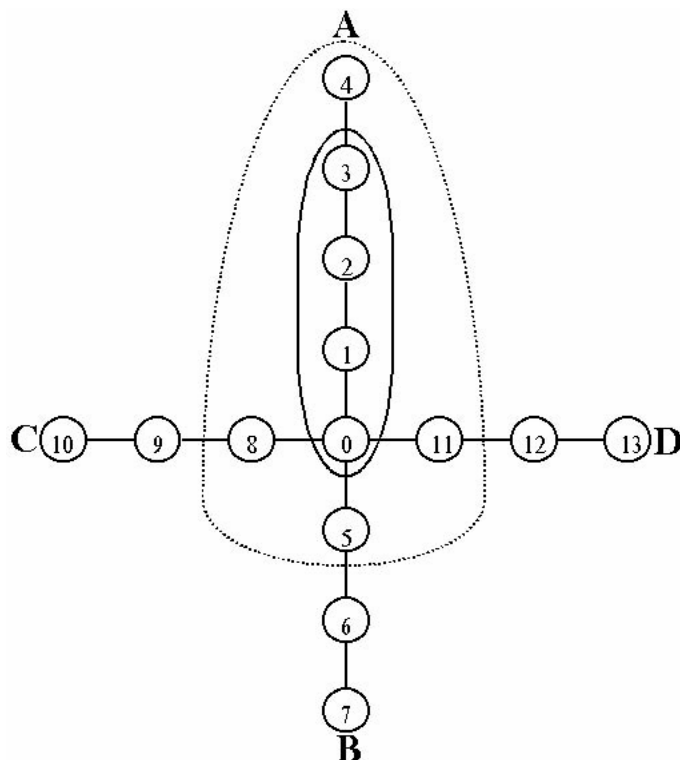


Рис. 2. Экологический ареал ильма горного в различных типах ЛРУ (схема типов ЛРУ по Ю.З. Кулагину, 1979) (— — доминирующего в древостое, — представленного в составе древостоя единично): А (0–4) – ряд ксеротрофитизации; С (0–10) – ряд гелиопсихротрофитизации; В (0–7) – ряд гидротрофитизации; D (0–13) – ряд сциопсихротрофитизации. * – Расшифровка номеров по типам ЛРУ дана в тексте

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

Наиболее сухим типом ЛРУ является чилиговый (4). Он приурочен к крутым инсолируемым склонам с маломощными дерново-карбонатными щебнистыми почвами. В этом типе ЛРУ коренные типы леса в основном представлены сосняками, а производные – дубняками. С инсолируемостью данного местопроизрастания связано преобладание в древостое светолюбивых и ксерофитных пород – сосны и березы, а в составе подлеска – чилиги (караганы кустовидной). Следовательно, гидротермический режим играет в этом типе ЛРУ лимитирующую роль по отношению к ильму, который не входит даже в состав второго яруса. Подрост ильма в основном представлен вегетативными растениями и не превышает 1,4 тыс.шт./га, из них крупного подроста – не более 0,2 тыс.шт./га.

В других типах ЛРУ, которые в основном представлены бореальным комплексом, возобновление ильма идет неудовлетворительно и не превышает 1,0 тыс.шт./га. Исключением является липняково-зелено-

мошный тип ЛРУ (8), характеризующийся восточными и западными крутосклонами со свежими дерново-карбонатными почвами. Он отличается относительно повышенным уровнем почвенного плодородия и влагообеспеченности, о чем свидетельствует и наличие в древостое ильма (до 1 единицы). Коренные типы представлены сосняками, а производные – липняками. В сосняке липняково-зеленомошном количество подроста ильма не превышает 1,9 тыс.шт./га. Подрост ильма в основном вегетативного происхождения.

В крапивно-снытевом типе ЛРУ (0) клен в коренных типах леса (пихтач крапивно-снытевый) в основном входит в состав только второго яруса (рис. 3). В производных типах леса он появляется в первом ярусе и может выступать уже как основная лесобразующая порода. В ильмовнике крапивно-снытевом клен возобновляется интенсивно. Так, количество крупного подроста клена уступает мелкому и составляет 1,4 тыс.шт./га. мелкого, соответственно, –

15,0 тыс.шт./га. В пихтаче крапивно-снытевом количество подроста насчитывается не более 2,4 тыс.шт./га, из них крупного – 1,8 тыс.шт./га.

Неудовлетворительное возобновление клена в коренных типах леса связано с круглогодичным затенением темнохвойными породами. В ранневесенний период для семян клена недостаточно света, являющегося важнейшим фактором для формирования их ассимиляционного аппарата. Это влияет на рост и развитие семян, а в конечном счете, и на успешность возобновления клена [2, 5, 7, 14].

В крупнопоротниково-снытевом типе ЛРУ (1) возобновление клена идет менее интенсивно, чем в крапивно-снытевом. В ельнике-пихтаче крупнопоротниково-снытевом клен в составе древостоя единичен. Количество крупного подроста в этом типе леса преобладает над мелким и составляет 8,4 тыс.шт./га против 1,6 тыс.шт./га. Отметим, что преобладание количества крупного подроста клена над мелким характерно только для этого типа леса.

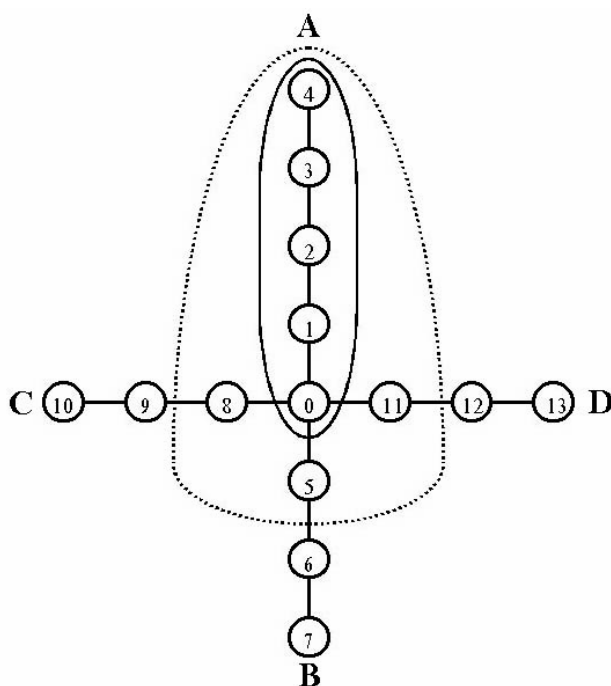


Рис. 3. Экологический ареал клена остролистного в различных типах ЛРУ (схема типов ЛРУ по Ю.З. Кулагину, 1979) (— — представленный единично в составе древостоя, — представленный угнетенным подростом): А (0–4) – ряд ксеротрофитизации; С (0–10) – ряд гелиопсихротрофитизации; В (0–7) – ряд гидротрофитизации; D (0–13) – ряд сциопсихротрофитизации. Расшифровка номеров по типам ЛРУ дана в тексте

В орляково-снытевом типе ЛРУ (2), приуроченном к широким засушливым плато, возобновление клена идет крайне неудовлетворительно. В липняке орляково-снытевом клен единично входит в состав первого и второго ярусов. Количество подроста в этом типе леса не превышает 0,2 тыс.шт./га, а в березняке орляково-снытевом возобновление клена отсутствует полностью.

В коротконожково-снытевом типе ЛРУ (3), приуроченном к узким плато, клен встречается как в составе первого, так и в составе второго ярусов. В липняке коротконожково-снытевом клен в составе древостоя достигает 2 единиц. Под пологом этого типа леса отмечается максимальное количество подроста клена, которое составляет 24,0 тыс.шт./га, из них – 21,0 тыс.шт./га мелкого подроста. Как видим, для коротконожково-снытевого типа характерно преобладание мелкого подроста над крупным. Данный тип лесорастительных условий благоприятствует поселению, росту и развитию клена остролистного.

В засушливом чилиговом типе лесорастительных условий (4) возобновление клена идет не столь интенсивно, как в коротконожково-снытевом. В дубняке чилиговом клен входит в состав второго яруса до 2 единиц. Количество подроста клена не превышает здесь 12,5 тыс.шт./га, где также мелкого подроста больше (9,4 тыс.шт./га), чем крупного. В сосняке чилиговом возобновление клена практически отсутствует.

Возобновление клена в хвощово-кислично-снытевом типе ЛРУ (5) незначительно и в основном отмечается только в производных типах леса. Так, в липняке хвощово-кислично-снытевом оно составило 2,1 тыс.шт./га мелкого и 1,0 тыс.шт./га крупного подроста. В пихтаче хвощово-кислично-снытевом подроста клена немного. Он встречается он лишь небольшими куртинами.

Возобновление клена в ряду гелиопсихротрофитизации и сциопсихротрофитизации не выражено. Так, в сосняке липняково-зеленомошном (8) и пихтаче липняково-кислично-снытевом (11) клен не входит в

состав древостоя, а количество подроста не превышает 3,2 тыс.шт./га в первом, и 3,1 тыс.шт./га во втором типах леса. Как и в предыдущих типах ЛРУ, в этих типах леса также наблюдается преобладание количества мелкого подроста над крупным. Подрост клена здесь размещен неравномерно и из-за многочисленных перевершиниваний в большинстве своем представлен «торчками». В других типах ЛРУ сциопсихротрофного и гелиопсихротрофного рядов подрост клена встречается эпизодически, а на холодных и малоплодородных почвах его подрост крайне редок.

Поселение клена под материнским пологом идет достаточно интенсивно. Преобладание мелкого подроста клена над крупным объясняется спецификой поселения – массовым самосевом [1, 6, 13]. На раннем этапе онтогенеза клен более устойчив. Объясняется это высокой теневыносливостью в начальные годы и быстрым формированием всхода после таяния снега (до полного облиствения древостоя). С возрастом увеличивается светолюбие клена. В результате этого в пессимальных условиях произрастания верхушечные приросты побегов не успевают одревеснеть и усыхают после перезимовки [5, 14]. Экологический оптимум клена в рассмотренных типах ЛРУ распространяется от крапивно-снытевого до чилигового. В других типах ЛРУ возобновление клена идет неудовлетворительно или полностью отсутствует.

Из всех рассматриваемых широколиственных пород дуб черешчатый занимает в водоохранно-защитных лесах р. Уфы на Уфимском плато самый узкий экологический ареал (рис. 4). Успешное возобновление дуба в изучаемом районе приурочено к сухим и теплым условиям местопроизрастания. В других лесорастительных условиях возобновление дуба или неустойчивое, или полностью отсутствует. Отметим, что поселение дуба происходит исключительно семенным путем. В условиях водоохранно-защитных лесов у дуба черешчатого отсутствует вегетативное размножение.

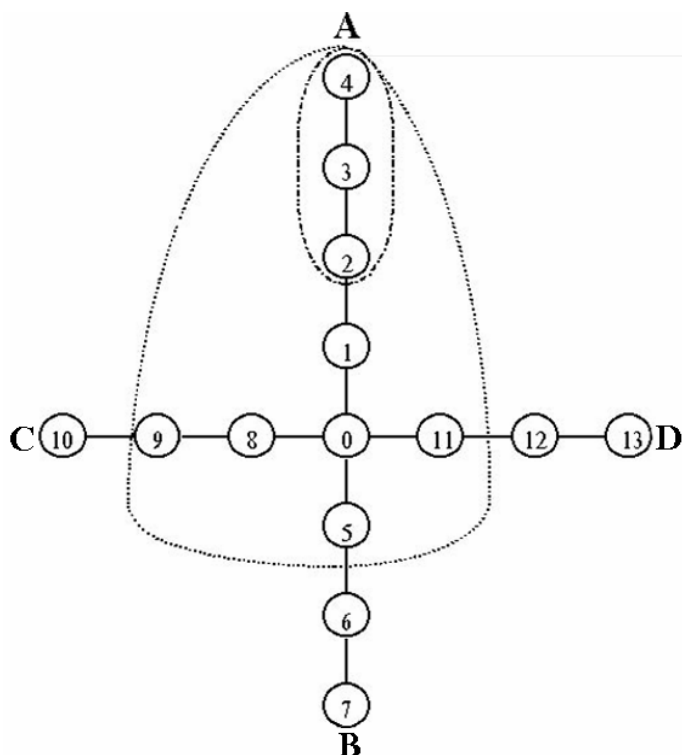


Рис. 4. Экологический ареал дуба черешчатого в различных типах ЛРУ (схема типов ЛРУ по Ю.З. Кулагину, 1979). (— · — — представленный в составе древостоя, — представленный угнетенным подростом): А (0–4) – ряд ксеротрофитизации; С (0–10) – ряд гелиопсихротрофитизации; В (0–7) – ряд гидротрофитизации; D (0–13) – ряд сциопсихротрофитизации. Расшифровка номеров по типам ЛРУ дана в тексте

После холодных арктических зим 1968–69 и 1979–80 гг. древостой дуба массово пострадали и усохли. В настоящее время дуб восстанавливается в тех местах, где произрастал раньше в основном за счет сохранившегося второго яруса и крупного подроста. Начиная с 1999–2000 гг. плодоношение дуба возобновилось.

Успешно растет и развивается подрост дуба в сухих инсолируемых условиях произрастания. В таких условиях конкуренция со стороны других древесных пород (кроме сосны обыкновенной) меньше. В составе древостоя дуб встречается от орляково-снытевого (2) до чилигового типов (4) ЛРУ.

В крапивно-снытевом типе ЛРУ (0), где возобновление под пологом леса идет в основном за счет липы, ильма и клена, в составе подроста производных типов леса дуб полностью отсутствует в. Однако единично дуб может произрастать в коренных типах леса.

Более успешно идет возобновление дуба в крупнопоротниково-снытевом типе ЛРУ (1). В ельник-пихтаче крупнопоротниково-снытевом дуб не входит в состав основного полога. Количество подроста в этом типе леса составило 2,4 тыс.шт./га, из них 0,5 тыс.шт./га – крупного.

Орляково-снытевый тип ЛРУ (2), в отличие от крупнопоротниково-снытевого, представлен на широких плато с мощным слоем бескарбонатных красноцветных глин. В связи с этим коренные типы леса представлены ксерофитными и светолюбивыми древесными породами – сосной и дубом. В составе древостоя этого типа ЛРУ количество дуба доходит до 2 единиц. Количество мелкого подроста здесь составило 8,9 тыс.шт./га, а крупного – 2,1 тыс.шт./га. Массовое поселение дуба отмечается в основном в снытевой синузии.

В коротконожково-снытевом типе ЛРУ (3), приуроченном к узким плато, наблюдается периодическое пересыхание

почвы. По сравнению с липняком орляково-снытевым возобновление дуба здесь идет менее интенсивно. В липняке короткокожково-снытевом доля участия дуба составляет 2 единицы. Подрост дуба в этом типе леса недолговечен, и его общее количество не превышает 2,4 тыс.шт./га. Отметим, что по количеству здесь крупный подрост преобладает над мелким (1,3 тыс.шт./га против 1,1 тыс.шт./га). Причина столь слабого возобновления дуба в этом типе леса заключается в сильной конкуренции со стороны мощного неморального травяного покрова.

Чилиговый тип ЛРУ (4) приурочен к сухим инсолируемым склонам. Он является крайним типом в ряду ксеротрофитизации, поэтому коренными типами леса здесь являются сосняки. Среди широколиственных пород доминирующую роль в этом типе ЛРУ играет дуб. В производном типе леса (дубняке чилиговом) дуб входит в состав древостоя с участием до 8 единиц. Количество подроста в этом типе леса достигает 3,8 тыс.шт./га. Для поселения, роста и развития подроста дуба в данном типе ЛРУ благоприятными являются снытевая и копытневая синузии.

По ряду сциопсихротрофитизации и гелиопсихротрофитизации возобновление дуба можно охарактеризовать как неудовлетворительное. Количество подроста в сосняке липняково-зеленомошном (8), где дуб единичен в составе древесного полога, составило 1,3 тыс.шт./га, а под пологом липняка хвощово-кислично-снытевого (5) и пихтача липняково-кислично-снытевого (11) оно не превышает 0,2 тыс.шт./га.

Успешно возобновляется дуб в ксерофитных условиях произрастания, в частности в орляково-снытевом и чилиговом типах ЛРУ. В данных лесорастительных условиях у всходов и малолетних сеянцев дуба засухоустойчивость повышается за счет интенсивного заглубления главного корня. Для поселения, роста и развития подроста дуба благоприятными являются снытевая и копытневая синузии. В целом возобновительный процесс дуба черешчатого также зависит и от периодичности плодоношения.

Выводы

1. Липа мелколистная присутствует практически во всех типах ЛРУ, но возобновление ее семенным путем идет слабо. Успешно возобновляется липа на широких (крупнопоротниково-снытевый (1) тип ЛРУ) и узких плато (короткокожково-снытевый (3) тип ЛРУ), а также на восточных и западных крутосклонах (липняково-зеленомошный (8) тип ЛРУ), теневых пологих и средней крутизны склонах (липняково-кислично-снытевый (11) тип ЛРУ) и на подошвах склонов всех экспозиций (хвощово-кислично-снытевый (5) тип ЛРУ). В зеленомошной группе лесов и в лесорастительных условиях, где отмечается многолетняя почвенная мерзлота (зигаденусово-зеленомошный (10) и сфагново-зеленомошный (13) типы ЛРУ), возобновление липы идет неудовлетворительно. Здесь она представлена в основном угнетенным подростом. Отметим, что по количеству подроста для липы характерно преобладание крупного подроста над мелким.

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

3. Клен остролистный распространен в различных типах ЛРУ, представлен мелким и крупным подростом, в качестве содоминанта может входить в состав второго яруса. В основном успешное возобновление клена отмечается под пологом материнского древостоя и приурочено к положительным

элементам рельефа. Это наблюдается на широких выровненных (крапивно-снытевый (0) и крупнопоротниково-снытевый (1) типы ЛРУ) и узких плато (коротконожково-снытевый (3) тип ЛРУ). Удовлетворительное возобновление клена отмечается и в сухих, инсолируемых условиях (чилиговый (4) тип ЛРУ). В зеленомошной группе лесов возобновление клена идет неудовлетворительно. Здесь отмечается сильное затенение в весенний период. На охлажденных и мерзлотных почвах возобновление клена практически отсутствует. Также отметим преобладание мелкого подроста над крупным, что связано с эколого-биологической особенностью клена остролистного – массовым плодоношением. В первые 10 лет подрост клена характеризуется высокой теневыносливостью. С возрастом светолюбие клена увеличивается.

4. Дуб черешчатый в пределах водоохранно-защитных лесов Павловского водохранилища отличается стенотопностью. Успешное возобновление дуба приурочено к широкому выровненному плато с подстилающими бескарбонатными красноцветными глинами (орляково-снытевый тип ЛРУ), к узким плато (коротконожково-снытевый тип ЛРУ), а также к южным инсолируемым склонам (чилиговый тип ЛРУ). В отмечаемых типах ЛРУ дуб способен формировать устойчиво производные древостои. В других типах ЛРУ снытевой группы лесов возобновление дуба идет неудовлетворительно, а в зеленомошной – полностью отсутствует.

Список литературы

1. Баталов А.А. Возобновление широколиственных древесных пород // Возобновительные процессы в горных широколиственно – хвойных лесах. – Уфа: БФАН СССР, 1981. – С. 15–32.
2. Дементьева М.Г. Некоторые биологические особенности клена остролистного в различных условиях местообитания // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. – 1995. – Т. 63. – Вып. 5. – С. 53–63.
3. Горчаковский П.Л. Реликтовое местонахождение липы мелколистной в лесостепи Тобол Ишимского междуречья и генезис западносибирского крыла ее ареала // Ботанический журнал. – 1964. – Т. 49. – №1. – С. 7–21.
4. Кадыльников И.П., Тайчинов С. И. Условия почвообразования на территории Башкирии и его провинциальные черты // Почвы Башкирии. – Уфа, 1973. – Т. 1. – С. 15–63.
5. Кальной П.Г. Биология роста однолетних семян клена остролистного и клена серебристого // Биологические науки. – 1973. – №10. – С. 78–83.
6. Кем Н.И. Об устойчивости семян липы мелколистной и клена остролистного к неблагоприятным факторам среды // Охрана, рациональное использование и воспроизводство лесных ресурсов Башкирии. – Уфа: МЛХ БАССР, 1971. – С. 132–133.
7. Кондратьева-Мельвилль Е.А. Явление разнолистности при развитии семени клена *Acer platanoides* L. // Вестник ЛГУ. – 1963. – С. 38–43.
8. Кулагин Ю.З. О многолетней почвенной мерзлоте в Башкирском Предуралье // Экология. – 1976. – №2. – С. 24–29.
9. Кулагин Ю.З. и др. О типологическом и флористическом своеобразии водоохранно-защитных лесов Уфимского плато в связи с проблемой их охраны / Окишев Б.Ф., Баталов А.А., Мукаганов А.Х., Мартянов Н.А. // Охрана природы и рациональное использование природных ресурсов Урала. – Свердловск: УрНЦ АН СССР, 1978. – С. 59–63.
10. Кулагин Ю.З. О видоспецифичности экологического ареала лесных деревьев // Экология. – 1979. – №3. – С. 23–28.
11. Мартянов Н.А., Баталов А.А., Кулагин А.Ю. Широколиственно-хвойные леса Уфимского плато. – Уфа: Гилем, 2002. – 222 с.
12. Мушинская Н.И. О жизнеспособности семян липы мелколистной // Тез. докл. конф. молодых ученых. – Уфа, 1981. – С. 166–167.
13. Полтикина И.В. Онтогенез, численность и возрастной состав ценопопуляций клена полевого в широколиственных лесах Европейской части СССР // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. – 1985. – Т. 90. – Вып. 2. – С. 79–88.
14. Попадюк Р.В., Чистякова А.А., Чумаченко С. И. Восточноевропейские широколиственные леса. – М.: Наука, 1994. – 363 с.
15. Сукачев В.Н., Зонн С. В. Методологические указания к изучению типов леса. – М.: Наука, 1961. – 134 с.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЛЕСОПЕРЕВАЛОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ НАГРУЗОК В УПРУГИХ СВЯЗЯХ КРАНОВ И БРЕМСБЕРГОВ ПРИ ВЫГРУЗКЕ ЛЕСНЫХ ГРУЗОВ ИЗ ВОДЫ

П.Ф. ВОЙТКО, доц. каф. транспорта леса МарГТУ, канд. техн. наук

Объектом данных исследований служат наиболее распространенные в лесной промышленности лесопогрузчики башенного типа КБ-572А, КБ-572Б, КБ-578, мостовые краны КМ-3076, бремсберги К-122, К-125, К-131, а также лесные грузы: пучки, пакеты, плитки, контейнеры из сортиментов и хлыстов.

Целью работы является определение дополнительных гидромеханических нагрузок на грузоподъемные машины при выгрузке лесных грузов из воды лесосплавных рек на рейдах приплава лесопромышленных предприятий.

Особенности лесоперевалочных процессов на рейдах приплава

В условиях рейдов приплава лесопромышленных предприятий большинство грузовых операций связано с взаимодействием лесных грузов с водной средой. Динамика подъема лесных грузов из воды грузоподъемными машинами общего назначения имеет некоторые особенности. Они обусловлены специфическими свойствами плавающих лесных грузов (плавучесть, пористость, упругость, неопределенность веса, значительные геометрические размеры), а также упругим основанием покоящейся или движущейся жидкости лесосплавной реки. Плавающие лесные грузы представляют собой анизотропные пористые тела, в которых ниже горизонта воды все свободное пространство между лесоматериалами заполнено жидкостью.

При подъеме лесных грузов из ограниченного водного пространства действующие на кран нагрузки существенно отличаются от нагрузок в обычных условиях (подъем от земли, с веса, от земли с подхватом). Кроме собственного веса груза и инерционных сил, здесь действуют еще выталкивающая сила жидкости и сопротивление водного

пространства. В отличие от постоянной массы груза при подъеме от земли масса поднимаемого из воды лесного груза является величиной переменной. Она состоит из массы круглых лесоматериалов и присоединенных масс жидкости к миделевой форме плавающего груза, а также масс жидкости внутри погруженной части пористого груза, которая в процессе движения вытекает из него.

Дополнительные гидромеханические силы, действующие на плавающий лесной груз, существенно зависят от способа и скорости подъема его из воды, а также от положения его относительно свободной поверхности жидкости, ограниченной наплавными сооружениями выгрузочного двора на акватории рейда приплава. Существующие методики расчета нагрузок на грузоподъемные машины общего назначения [3, 11, 12] не учитывают перечисленных выше особенностей подъема лесных грузов переменной массы из воды и, следовательно, не отражают влияния гидромеханических сил на работу грузоподъемных машин.

Вопросам динамики подъемно-транспортного оборудования при выгрузке лесных грузов из воды посвящены работы Б.А. Таубера, В.С. Наймана [13], И.А. Беленова, Ю.Я. Дмитриева, В.И. Пятакина, В.К. Сербского [8], М.В. Борисова, А.В. Козлова, Э.М. Ощепкова [2], Г.Г. Ушакова, Ю.И. Демяненко, Г.Д. Инзам [14], М.И. Комарова [5], но объекты наших исследований в них не рассматриваются.

Определение случайных нагрузок на башенные краны при выгрузке лесных грузов из воды

Случайные составляющие нагрузок N_i на механизм подъема лесопогрузчика башенного типа [11] состоят из средних квадратических отклонений: веса груза S_Q , вет-

ровой нагрузки на груз S_W , динамической вертикальной нагрузки S_D

$$N_i = S_Q + S_W + S_A. \quad (1)$$

При работе механизма подъема груза башенного крана среднее квадратическое отклонение случайной составляющей вертикальной динамической нагрузки принимается

$$S_A \geq a_2 m_{\text{пр}}, \quad (2)$$

где $a_2 = 0,5 \text{ м/с}^2$ – ускорение приведенной массы груза;

$m_{\text{пр}}$ – приведенная масса груза, кг.

Среднее квадратическое отклонение ветровой нагрузки на груз S_W (динамическая составляющая нагрузки, вызванная колебаниями груза от пульсации ветра) определяется по ГОСТ 1451-77.

Среднее квадратическое отклонение случайной составляющей веса груза определяется

$$S_Q = \hat{\epsilon}_3 Q^H, \quad (3)$$

где Q^H – нормативная составляющая веса груза, Н;

k_3 – коэффициент случайной перегрузки веса груза [11].

Следует отметить, что приведенная масса лесного груза $m_{\text{пр}}$, плавающего на воде, является величиной переменной:

$$m_{\text{пр}} = m_d + m_e + m_n, \quad (4)$$

где m_d – масса древесины плавающего груза, кг;
 m_e – масса воды внутри погруженного объема пористого груза, кг;
 m_n – присоединенная масса жидкости к плавающему грузу при отрыве его от воды, кг.

Масса древесины плавающего груза

$$m_d = \rho_d \cdot W_d, \quad (5)$$

где ρ_d – плотность древесины, кг/м³;
 W_d – геометрический объем лесного груза, м³.

Плотность древесины лесных грузов зависит от породы лесоматериалов, срока лесосплава и колеблется в широких пределах от 730 до 1270 кг/м³ [10].

Объемы лесных грузов зависят от вида лесотранспортных единиц, поступающих водным транспортом на рейды приплава под крановую выгрузку:

1) для плоских сплочных единиц (рис. 1)

$$W_n = L_n B_n H_n \beta_n; \quad (6)$$

2) для сортиментных пучков (рис. 2)

$$W_c = L_c B_c H_c \pi \beta_c / 4; \quad (7)$$

3) для хлыстовых пучков (рис. 3)

$$W_x = L_x B_x H_x \beta_x / 4. \quad (8)$$

Единых узаконенных ГОСТов на коэффициенты полндревесности лесотранспортных единиц $\beta_n, \beta_c, \beta_x$ нет.

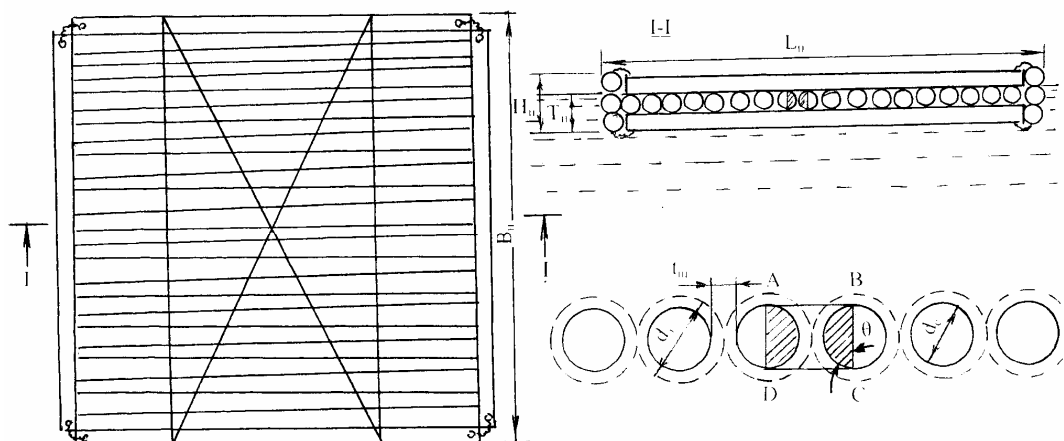


Рис. 1. Схема расположения круглых лесоматериалов в плоской сплочной единице

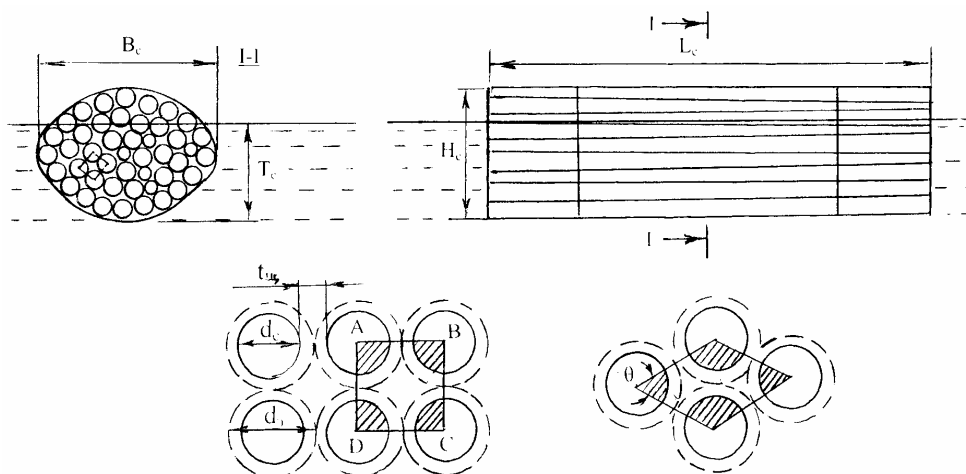


Рис. 2. Схема расположения круглых лесоматериалов в сортиментном пучке

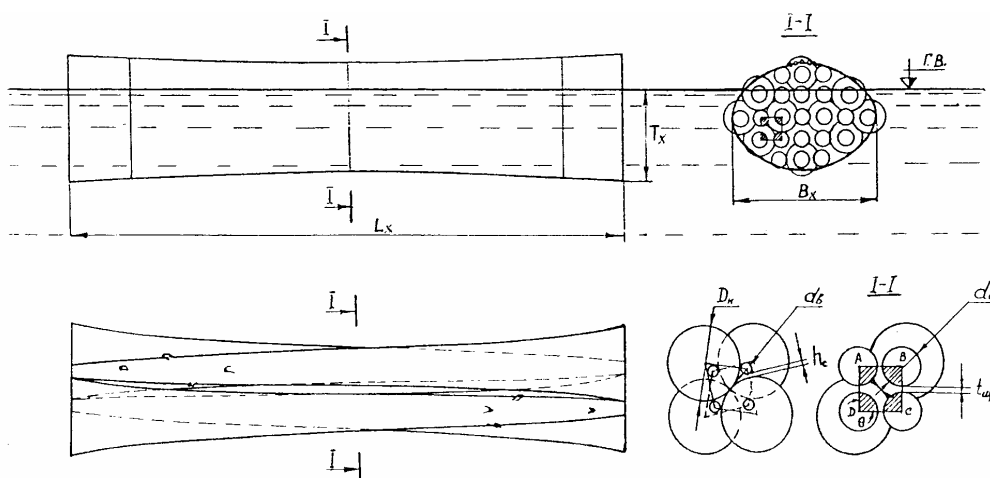


Рис. 3. Схема расположения хлыстов в пучке, уложенных в разнокомелицу

Проведены теоретические исследования полндревесности лесотранспортных грузоединиц сосновой породы [4], поступающих лесосплавом на рейды приплыва лесопромышленных предприятий:

1) плоской сплочной единицы

$$\beta_r = \frac{0,785[(d_a + 0,195L)/(1 - 0,0105L) - 2h]}{h_c + 0,5(d_a + (d_a + 0,39L)/(1 - 0,021L))}; \quad (9)$$

2) пучка круглых лесоматериалов

$$\beta_c = \frac{0,785[(d_a + 0,195L)/(1 - 0,0105L) - 2h]^2}{\sin \theta [h_c + 0,5(d_a + (d_a + 0,39L)/(1 - 0,021L))]^2}; \quad (10)$$

3) пакета или пучка хлыстов

$$\beta_x = \frac{0,785[(d_a + 0,195L)/(1 - 0,0105L) - 2h]^2}{\sin \theta [h_c + 0,5(d_a + (d_a + 0,39L)/(1 - 0,021L))]^2}; \quad (11)$$

$$\beta_x = \frac{0,785[d_l - (0,39 + 0,021d_l) \cdot (0,5L - 1) - 2h]^2}{\sin \theta [0,5(d_l K + (d_l - (0,39 + 0,021d_l) \cdot (L - 1))) + h_c]^2}; \quad (12)$$

где d_a, d_l – диаметры вершины и комля хлыста на высоте 1,3 м, см;

L – длина круглых лесоматериалов или хлыстов, м;

h – толщина коры, см;

h_c – высота сучьев, см;

K – коэффициент закомелистости хлыста;

θ – угол взаимного расположения лесоматериалов в пучке, град.

Сопротивление воды перемещению лесных грузов краном

При выгрузке лесных грузов из воды краном действующие силы можно представить как силы движущие F (движущий момент на валу электродвигателя механизма подъема M_q), силы полезных сопротивлений (выталкивающая сила жидкости P), силы со-

противлений водной среды, которые состоят из веса присоединенной массы жидкости внутри пористого лесного груза G_2 и сопротивления покоящейся жидкости движению груза R_6 :

$$F(y, \dot{y}, t) = G_1 + F_{u1} + G_2(t) + F_{u2} - P(t) + R_a(t) \quad (13)$$

Для определения сил сопротивлений водной среды подъему лесного груза последовательно рассмотрим четыре этапа его движения: 1) в воде, когда груз переменной массы в начальный момент времени получает положительное ускорение ($\ddot{y} > 0$); 2) в воде, когда груз переменной массы движется равномерно до момента отрыва его от поверхности жидкости (нарастание нагрузки); 3) в воздухе, когда груз переменной массы движется равномерно до момента капельного стекания жидкости с поднятого пакета; 4) в воздухе, когда груз постоянной массы движется равномерно до остановки его (рис. 4).

Предположим, что нагрузка на кран достигает максимального своего значения в момент отрыва груза от покоящейся жидкости [2, 4]. Тогда уравнение (13) примет частный вид

$$F(y, \dot{y}, t) = G_1 + G_2(t) + R_a(t) \quad (14)$$

Вес древесины и воды внутри погруженного объема лесного груза равны:

$$G_1 = m_d \cdot g; \quad (15)$$

$$G_2 = m_e \cdot g. \quad (16)$$

Масса воды внутри погруженного объема плавающего лесного груза зависит от коэффициента β полндревесности и типа лесотранспортных грузоединиц, поступающих под выгрузку краном:

1) плоские плитки (рис. 1)

$$m_{ai} = \rho_a W_{ai} = \rho_a L_i B_i \dot{O}_i (1 - \beta_i); \quad (17)$$

2) сортиментные пучки, пакеты, пачки (рис. 2)

$$m_{ai} = \rho_a W_{ai} = \rho_a L_n B_n \dot{O}_n \pi (1 - \beta_n) / 4; \quad (18)$$

3) хлыстовые пучки, пакеты, пачки (рис. 3)

$$m_{ao} = \rho_a W_{ao} = \rho_a L_o B_o \dot{O}_o \pi (1 - \beta_o) / 4. \quad (19)$$

Осадка лесотранспортных грузоединиц зависит от их высоты H , плотности древесины ρ_d и длительности лесосплава

$$T = H \rho_a \mathcal{E} / \rho_d = \dot{I} \rho_i \mathcal{E}, \quad (20)$$

где $\rho_o = \rho_d / \rho_e$ – относительная плотность древесины;

\mathcal{E} – опытный коэффициент, равный 0,93...0,95.

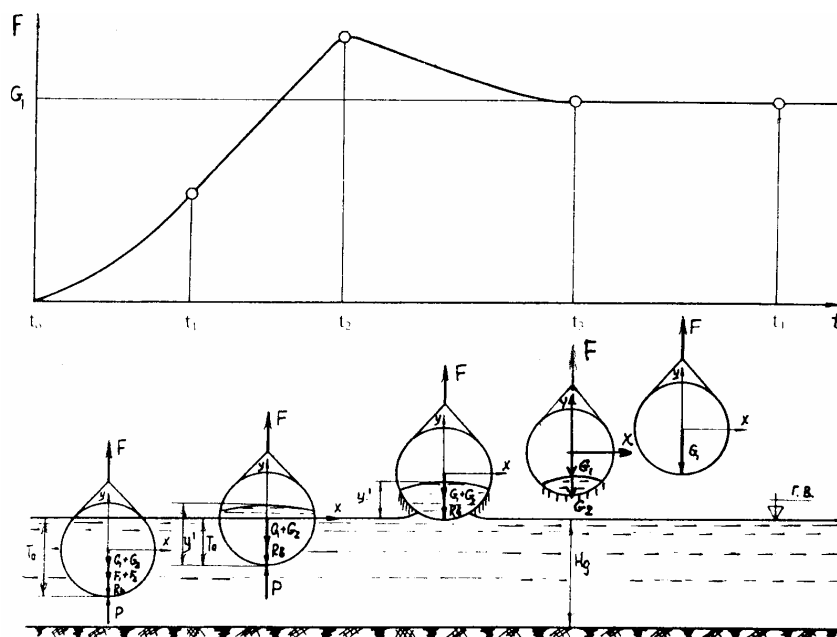


Рис. 4. Этапы движения лесного груза из воды

Подставив выражение (20) в зависимости (17, 18, 19), получим:

$$m_{\dot{a}i} = \rho_a \mathcal{E} L_i \hat{A}_i \dot{I}_i (1 - \beta_i) = \rho_a W_i \mathcal{E} (1 - \beta_i) = m_{qi} \mathcal{E} (1 - \beta_i) / \beta_i; \quad (21)$$

$$m_{\dot{a}c} = \rho_a \mathcal{E} L_c \hat{A}_c \dot{I}_c \pi (1 - \beta_c) / 4 = \rho_a W_c \mathcal{E} (1 - \beta_c) = m_{qc} \mathcal{E} (1 - \beta_c) / \beta_c; \quad (22)$$

$$m_{\dot{a}X} = \rho_a \mathcal{E} L_{\delta} \hat{A}_{\delta} \dot{I}_{\delta} (1 - \beta_i) = \rho_a W_i \mathcal{E} (1 - \beta_i) = m_{qi} \mathcal{E} (1 - \beta_i) / \beta_i. \quad (23)$$

Присоединенная масса жидкости внутри погруженного объема лесного груза достигает максимального значения в начальный период его подъема башенным краном.

В процессе подъема лесного груза из воды башенным краном происходит истечение жидкости через отверстия и щели между круглыми лесоматериалами (рис.5). Движение жидкости между лесоматериалами является неустановившимся и представляет собой фильтрацию воды через однородную, анизотропную среду, в которой фракции имеют цилиндрическую форму [1]

$$dm_{\dot{A}} / dt = \rho_a Q_{\dot{a}}. \quad (24)$$

Расход фильтрационного потока воды, вытекающего из пакета через щели и отверстия между круглыми лесоматериалами, равен

$$Q_{\dot{a}} = U_{\dot{o}o} S_y + U_{\dot{o}z} S_z. \quad (25)$$

Геометрические площади живого сечения фильтрационного потока поперек S_y и вдоль S_z пакета лесоматериалов соответственно равны:

$$S_y = 2L \cos \varphi_x \sqrt{\frac{D^2}{4} - y^2}; \quad (26)$$

$$S_z = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{D^2}{4} - y^2} \left(\frac{D}{2} + y \right) \sin \varphi_x. \quad (27)$$

Скорость фильтрации воды через щели и отверстия лесного груза выразим обобщенной формой Шези [1] для равномерного движения любой жидкости, в среде любой проницаемости при всяком режиме движения и форме сечения:

$$v_{\dot{o}o} = \tilde{N}_{\dot{o}} \delta^{m_y} \sqrt{U^{m_y-2} R_y^{3-m_y} J_y}; \quad (28)$$

$$v_{\dot{o}z} = \tilde{N}_{\dot{z}} \delta^{m_z} \sqrt{U^{m_z-2} R_y^{3-m_z} J_z}. \quad (29)$$

Связь между скоростью фильтрации $U_{\dot{o}o}, U_{\dot{o}z}$ и средней скоростью движения воды в самих щелях $U'_{\dot{o}o}$ и отверстиях $U'_{\dot{o}z}$ устанавливается зависимостями:

$$U_{\dot{o}o} = \delta U'_{\dot{o}y}; \quad (30)$$

$$U_{\dot{o}z} = \delta U'_{\dot{o}z}. \quad (31)$$

Обобщенные коэффициенты Шези C_y, C_z и показатели степени m_y, m_z могут быть получены только экспериментальным путем.

Исследование лесоперевалочного процесса бремсбергами

Широкое применение [4, 14, 15] на лесопромышленных предприятиях с рейдами приплава находит эффективный метод выгрузки лесных грузов из воды целыми пучками. Он основан на применении специальных выгрузочных устройств К-122, К-125, К-131.

Для определения усилий в грузовом канате электрической лебедки выгрузочного устройства представим механическую систему лебедка-канат-тележка (рис. 6) в виде двух приведенных масс m_1 и m_2 , соединенных упругой связью. Изменение усилий в грузовом канате лебедки при выгрузке лесных грузов из воды носит периодический характер и обусловлено его упругими свойствами c .

Рассмотрим характерные фазы движения лесовозной тележки на различных участках рельсового пути, границами которых служат моменты изменения характера ее движения, или начала действия новых сил, или прекращения ранее действовавших.

Так, на наклонном участке рельсового пути выделим: 1) спуск лесовозной тележки без груза к воде; 2) спуск платформы в воду до контакта с плавающим грузом; 3) спуск тележки в воду и отталкивание плавающих пучков от берега; 4) подъем тележки в воде и буксировка плавающих пучков в период их разгона; 5) подъем платформы с пучками из воды; 6) подъем пучков тележкой на промежуточную эстакаду; 4) подъем платформы с пучками до горизонтального участка. На горизонтальном участке рельсового пути рассмотрим подъем грузовой тележкой пучков на приемную эстакаду.

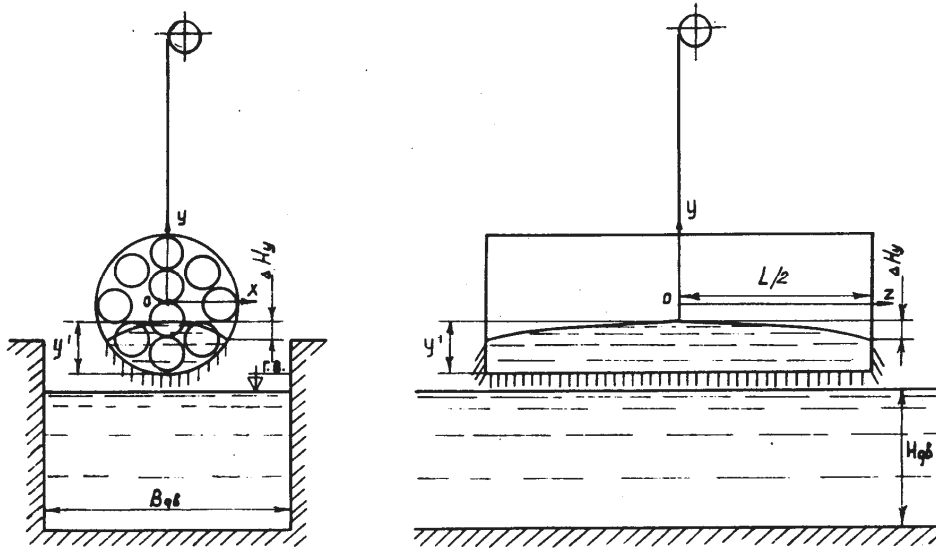


Рис. 5. Схема фильтрации воды через щели и отверстия пучка бревен

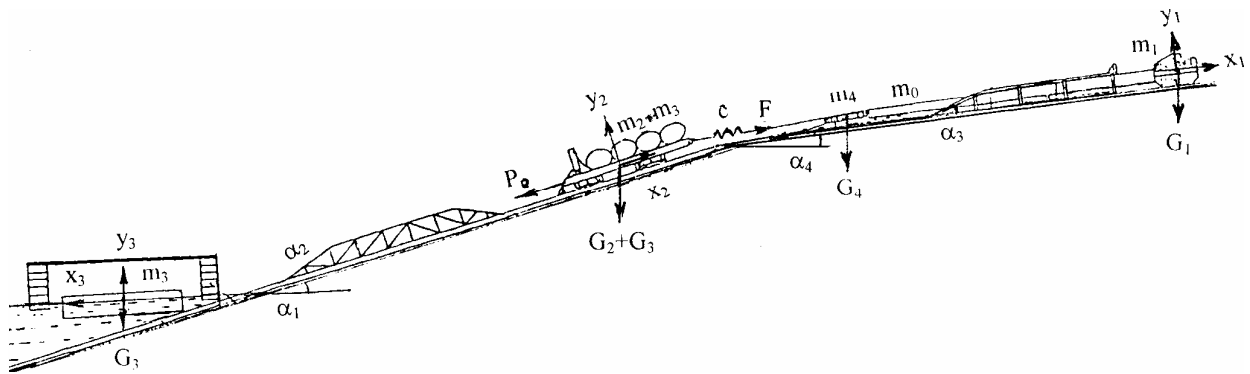


Рис. 6. Расчетная схема выгрузочного устройства

Рассмотрим спуск лесовозной платформы без груза к воде по наклонному участку рельсового пути выгрузочного устройства (рис. 7). Движение платформы происходит под воздействием собственного веса G_2 и сил сопротивления: R_1 – трения в ходовых колесах и подшипниках платформы; F_1 – торможения разматывающимся грузовым канатом электрической лебедки.

Пренебрегая массой каната $m_0 = 0$ и приняв, что движение лесовозной тележки равноускоренное, составим дифференциальное уравнение ее движения

$$m_2 \ddot{x}_2 - c(x_1 - x_2) = G_2 \sin \alpha_1 - R_1 - F_1, \quad (32)$$

где m_2 – масса лесовозной платформы, кг;

\ddot{x}_2 – ускорение движения массы платформы, м/с^2 ;

c – жесткость грузового каната лебедки, Н/м ;

x_1 – перемещение каната, соответствующее повороту грузового барабана электрической лебедки, м;

x_2 – перемещение платформы, м;

α_1 – угол наклона рельсового пути, рад.

Введем обозначения

$$G_2 \sin \alpha_1 - R_1 - F_1 = -F_0. \quad (33)$$

Тогда уравнение (32) примет вид

$$m_2 \ddot{x}_2 - c(x_1 - x_2) = -F_0$$

или

$$m_2 \ddot{x}_2 + cx_2 = cx_1 - F_0. \quad (34)$$

Представим перемещение x_1 через начальную скорость платформы v_0 и время ее разгона t

$$x_1 = v_0 t \quad (35)$$

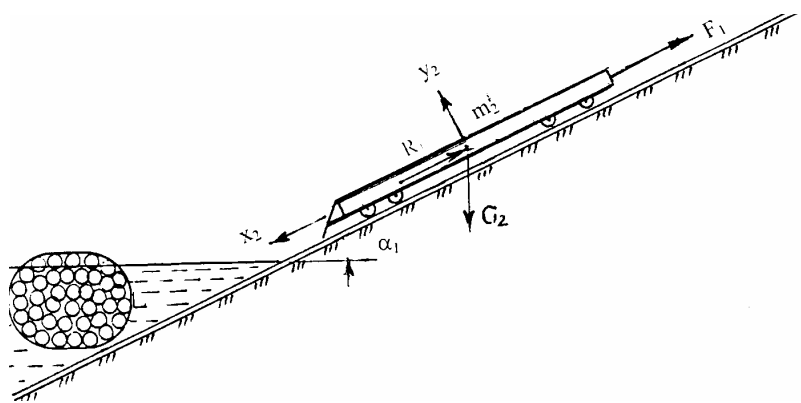


Рис.7. Спуск платформы без груза к воде

Подставим выражение (35) в уравнение (34), разделив его на m_2 и введя обозначение $c/m_2 = K^2$, получим

$$\ddot{x}_2 + k^2 x_2 = (\tilde{n} \cdot v_i t / m_2) - (F_o / m_2). \quad (36)$$

После решения (36), с учетом начальных условий $t_0 = 0, x_0 = F_o/c, \dot{x}_0 = v_o$, получим

$$x_2 = \sqrt{F_o^2 / c^2 + v_o^2 / k^2} \sin(kt + \arctg(F_o k / c v_o)) + v_o t - (F_o / m_2 k^2). \quad (37)$$

Удлинение тягового каната $x = x_1 - x_2$ с учетом (35, 37) равно

$$x = (F_o / m_2 k^2) - \sqrt{F_o^2 / c^2 + v_o^2 / k^2} \cdot \sin(kt + \arctg(F_o k / c v_o)). \quad (38)$$

Представим тяговое усилие в грузовом канате лебедки $F_1 = cx$ и, возвращаясь к прежним обозначениям (33), если $G_2 = m_2 g$, получим

$$F_1 = -G_2 \sin \alpha_1 + R_1 - \sqrt{(G_2 \sin \alpha_1 + R_1)^2 + v_o^2 c G_2 / g} \cdot \sin [t \sqrt{gc / G_2} + \arctg((-G_2 \sin \alpha_1 + R_1) \sqrt{gc / G_2} / c v_o)]. \quad (39)$$

Определим сопротивление трения в ходовых колесах и подшипниках платформы

$$R_1 = f_o m_2 g \cos \alpha_1 = f_o G_2 \cos \alpha_1, \quad (40)$$

где f_o – коэффициент трения колесных пар платформы.

Подставим (40) в уравнение (39) получим

$$F_1 = G_2 (-\sin \alpha_1 + f_o \tilde{n} \cos \alpha_1) - \sqrt{(-G_2 \sin \alpha_1 + f_o G_2 \cos \alpha_1)^2 + v_o^2 c G_2 / g} \cdot \sin [t \sqrt{gc / G_2} + \arctg((-G_2 \sin \alpha_1 + f_o G_2 \cos \alpha_1) \sqrt{gc / G_2} / c v_o)]. \quad (41)$$

При двукратном полиспасте грузовой лебедки тяговое усилие равно $F_1' = F_1 / 2$.

Аналогично получены решения тяговых усилий в грузовом канате лебедки для остальных фаз движения лесовозной тележки:

$$F_2 = R_1 + R_B - G_2 \sin \alpha_1 + \sqrt{(R_1 + R_d - G_2' + i_2 m_{2r} g)^2 + v_1^2 c ((G_2' + n_2 m_{2n} g) / g)} \times \sin [t \sqrt{gc / (G_2' + m_{2n} n_2 g)} + \arctg((G_2' + n_2 m_{2n} g) \sin \alpha_1 + R_1 + R_B) \times \sqrt{gc / (G_2' + n_2 m_{2n} g) / c v_1}]; \quad (42)$$

$$F_4 = m_2' g \sin \alpha_1 + R_1 + R_d + \sqrt{(m_2' g + i_2 m_{2r} g + i_3 m_{3r} g + R_1 + R_d)^2 + [v_3^2 \tilde{n} (m_2' + i_2 \dot{\delta}_{2r} + i_3 \dot{\delta}_{3r})]^2} \times \sin [t \sqrt{c / (m_2' + i_2 m_{2r} + i_3 m_{3r})} + \arctg[(m_2' g + i_2 m_{2r} g + i_3 m_{3r} g) \sin \alpha_1 + R_1 + R_d] \times \sqrt{\tilde{n} / (m_2' + n_2 m_{2r} + i_3 m_{3r}) / c v_3}]; \quad (43)$$

$$F_{\max} = gm'_2(\sin \alpha_1 + f_{\circ} \cos \alpha_1) + [(S_{\delta_2} C_{\delta_2} + S_{e_2} \tilde{N}_{e_2}) + (S_{\delta_3} C_{\delta_3} + S_{e_3} \tilde{N}_{e_3})] \rho_a v_i^2 / 2 + \\ + \sqrt{[m'_2 g + i_2 g m_{2r} + i_3 g m_{3r} + m'_2 g f_{\circ} \tilde{n}_s \alpha_1 + ((S_{\delta_2} C_{\delta_2} + S_{e_2} \tilde{N}_{e_2}) + (S_{\delta_3} C_{\delta_3} + S_{e_3} \tilde{N}_{e_3})) \times \\ \times \rho_a v_i^2 / 2]^2 + [v_i^2 \tilde{N}(m'_2 + i_2 m_{2r} + i_3 m_{3r})]}; \quad (44)$$

$$F_5 = (G_2 + G_3)(\sin \alpha_1 + f_{\circ} \cos \alpha_1) + \sqrt{[(G_2 + G_3)(\sin \alpha + f_{\circ} \cos \alpha)]^2 + (v_4^2 c(G_2 + G_3) / g)} \times \\ \times \sin[t \sqrt{gc / (G_2 + G_3)} + \arctg(((G_2 + G_3)(\sin \alpha_1 + f_{\circ} \tilde{n} \cos \alpha_1) \sqrt{gc / (G_2 + G_3)}) / c v_4)]; \quad (45)$$

$$F_6 = G_2 \sin \alpha_1 + (f_{\circ} G_2 + f G_3) \cos \alpha_1 + \sqrt{[G_2 \sin \alpha_1 + (f_{\circ} G_2 + f_2 G_3) \cos \alpha_1]^2 + \\ + \sqrt{(v_3^2 \tilde{n} G_2 / g)} \sin[t \sqrt{gc / G_2} + \arctg \times \\ \times (((G_2 \sin \alpha_1 + (f_{\circ} G_2 + f_2 G_3) \times \cos \alpha_1) \sqrt{gc / (G_2 + G_3)}) / c v_3)]}; \quad (46)$$

$$F_7 = G_2(\sin \alpha_4 + f_{\circ} \cos \alpha_4) + G_3 f_3 \cos \alpha_4 + \\ + \sqrt{[G_2(\sin \alpha_4 + f_{\circ} \cos \alpha_4) + G_3 f_3 \cos \alpha_4]^2 + (v_6^2 c G_2 / g)} \times \\ \times \sin[t \sqrt{gc / G_2} + \arctg((G_2 + (\sin \alpha_4 + f_{\circ} \cos \alpha_4) + \\ + G_3 f_3 \cos \alpha_4) \sqrt{gc / G_2} / c v_6)]; \quad (47)$$

где $R_a = (\tilde{n}_e S_e + \tilde{n}_a S_a) \rho_a v^2 / 2$ – сопротивление воды перемещению тележки, кН;

c_l, c_b – коэффициенты лобового и бокового сопротивления воды;

S_l, S_b – площади лобовой и боковой поверхностей тележки, м²;

$G'_2 = G_2 - \gamma_2 W_2 - G_i - G_o$ – вес тележки в воде, кН;

W_2 – геометрический объем погруженной части тележки, м³;

γ_2 – удельный вес воды, Н/м³;

G_n, G_m – веса поплавок и тяги, кН;

$m_{2r} = m_2 \rho_a / \rho_{\circ}$ – присоединенная масса воды к тележке, т/м³;

n_2, n_3 – коэффициенты присоединенных масс воды к тележке и лесному грузу;

$m'_2 = m_2 + m_{2r}$ – масса тележки в воде, т;

$m_{3r} = m_3 \rho_a / \rho_{\circ} + m_{an}$ – присоединенная масса воды к лесному грузу, т;

v_n – предельная скорость перемещения тележки в воде, м/с.

Составлен алгоритм расчета тяговых усилий электрических лебедок выгрузочных устройств К-122, К-125, К-131 для лесоперевалочных работ на предприятиях с рейдами приплава.

Учитывая полученные расчетные тяговые усилия, ВКНИИВОЛТ принял для выгрузочных устройств:

– К-122 двухбарабанную электрическую лебедку Л-71Б с максимальным тяговым усилием 122,58 кН и диаметрами канатов: на рабочем барабане 27 мм, на возвратном – 11 мм;

– К-125 двухбарабанную электрическую лебедку Л-71А с максимальным тяговым усилием 98,1 кН и диаметрами канатов 27 и 11 мм;

– К-131 двухбарабанную электрическую лебедку К-159 с максимальным тяговым усилием 170 кН и диаметрами канатов 28 мм и 11 мм.

Список литературы

1. Агроскин И.И., Дмитриев Г.Т., Пикалов Ф.И. Гидравлика. – М.-Л.: Энергия, 1964. – 351 с.
2. Борисов М.В., Козлов А.В., Ощепков Э.М. Исследование усилий в грузовом канате крана при подъеме пучка бревен из воды // Сб.тр. / ВКНИИВОЛТ, 1976. – Вып. 10. – С. 36–40.
3. ВНИИПТМАШ. Расчеты крановых механизмов и деталей подъемно-транспортных машин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1971. – 495 с.
4. Войтко П.Ф., Фадеев А.С. Исследование процесса выгрузки лесных грузов из воды устройством К-125 // Рациональное использование

- лесных ресурсов: Материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. В.Е.Печенкина, 24-25 янв. 2001 / Под общ. ред. Ю.А.Ширнина. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – С. 102–104.
5. Комаров М.И. Взаимодействие пучка сосновой древесины с водой и его влияние на грузоподъемность выгрузочных механизмов. – Л.: ЦНИИ-лесосплава, 1974. – 9 с.
 6. Комаров М.С. Динамика механизмов и машин. – М.: Машиностроение, 1969. – 296 с.
 7. Корпачев В.П. Транспорт леса. Теоретические основы водного транспорта: Учеб. пособие для вузов. – Красноярск: КГТА, 1997. – 254 с.
 8. Основы проектирования лесосплавных объектов: Учеб. пособие для вузов / И.А. Беленов, Ю.Я. Дмитриев, В.И. Пяткин, В.К. Сербский. – М.: Экология, 1992. – 128 с.
 9. Пат. 2203845 РФ, МКИ В 65 G 69/20. Способ захвата в воде пучка лесоматериалов / П.Ф. Войтко, А.С. Фадеев; Заяв. 04.06.01; Опубл. 10.05.03; Бюл. – № 13. – 4 с.
 10. Пяткин В.И., Полехин В.П., Комар В.В. Расчет плавучести пучков: Проблемы комплексного использования древесного сырья на лесосплаве. // Сб. тр./ ЦНИИлесосплава. – 1979. – Вып. 32. – С. 124–138.
 11. РД-166-86. Краны башенные строительные. Нормы расчета. – М.: ВНИИстройдормаш, 1986. – 61 с.
 12. Справочник по кранам: В 2 т. / Под общ. ред. М.М. Гохберга. – Л.: Машиностроение, 1988. – Т. 1. – 535 с.; Т. 2. – 559 с.
 13. Таубер Б.А., Найман В.С. Динамика процесса подъема пакета хлыстов грейфером из воды и плота // Науч. тр. / МЛТИ. – М., 1987. – Вып. 197. – С. 5–22.
 14. Ушаков Г.Г., Демяненко Ю.И., Инзам Г.Д. К определению основных параметров движения в воде грузовых платформ выгрузочных механизмов типа «Бремсберг» // Рейдовые и лесоскладские работы: Сб.тр. / ЦНИИлесосплава. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – С. 61–69.
 15. Фадеев А.С., Кулакин Н.Д. Выгрузка древесины пучками // Лесн. пром-сть. – 1984. – №4. – С. 15–16.

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

Общепринятой характеристикой уровня развития живых организмов является их календарный (абсолютный) возраст. Под календарным возрастом растения понимается отрезок времени (в единицах времени) от момента возникновения растения до изучаемого момента [9]. Методы определения возраста древесных растений, широко используемые в настоящее время при различного рода исследованиях и в практике лесного хозяйства, охарактеризованы в работе А.А. Корчагина [3]. Возраст хвойных древесных растений традиционно определяется подсчетом мутовок или годичных колец на срезе ствола на уровне почвы. Однако данные методы, как показали исследования ряда авторов, в большинстве случаев не дают

достоверного представления о календарном (абсолютном) возрасте растения [1, 7]. Возраст древесных растений, определяемый традиционными методами, субъективен, и является, по сути, биологическим возрастом [2]. Биологический возраст отражает степень онтогенетического развития растений. Разные растения одного и того же вида не только в разных, но и в одном фитоценозе достигают того или иного онтогенетического уровня развития в различные календарные сроки. При этом календарный (абсолютный) возраст растений одного и того же онтогенетического состояния изменяется в больших пределах. Роль же их в ценопопуляции и в ценозе оказывается однотипной.

Исследования проводились в условиях Предуралья на территории Уфимского плато в водоохранных лесах Павловского водохранилища (р. Уфа). Здесь на небольшой площади выделено 14 типов лесорастительных условий (ЛРУ), различающихся по степени проявления влияния ведущих факторов среды [4, 5]. Вследствие своих эколого-биологических свойств ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.) и пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.) способны в этих условиях формировать коренные типы леса в большинстве местообитаний Уфимского плато [6].

Цель работы – проведение сравнительного анализа и выявление различий календарного (абсолютного) и биологического возрастов подроста ели сибирской и пихты сибирской в широколиственно-хвойных лесах Уфимского плато.

Материалы и методы

Объектом исследования являлся мелкий (высотой до 50 см) и крупный (высотой более 50 см) подрост ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) и пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.).

Определение календарного и биологического возрастов подроста ели сибирской и пихты сибирской производилось под пологом ельника мелкопапоротниково-зеленомошного (мп.-зм. (12)), пихто-ельника осочково-зеленомошного (ос.-зм. (9)), пихтача хвощово-кислично-снытевого (хв.-кисл.-сн. (5)) и пихто-ельника крупнопоротниково-снытевого (кп.-сн. (1)) (рис. 1).

Мп.-зм. тип ЛРУ локализован на северных теневых склонах, охлажденных многолетней почвенной мерзлотой со свежими серыми горно-лесными почвами на щебнисто-глинистом делювии известняка.

Ос.-зм. тип ЛРУ приурочен к инсолируемым склонам южной, юго-восточной и юго-западной экспозиции с устойчиво увлажняемыми дерново-карбонатными горно-лесными почвами, развитыми на мощных отложениях щебнисто-глинистого делювия известняка.

Хв.-кисл.-сн. тип ЛРУ выделен для подошв склонов всех экспозиций со свежи-

ми устойчиво увлажняемыми светло-серыми оподзоленными горно-лесными почвами на глинистом делювии.

Кп.-сн. тип ЛРУ расположен на широких (более 100 м) плато со свежими устойчиво увлажняемыми серыми горно-лесными почвами, развитыми на рыхлом сильно выветренном элювии известняка.

Для характеристики растительности и таксационных показателей древостоя в изучаемых типах проводились геоботанические описания и закладывались пробные площади по общепринятым методикам [8]. Отбор и обработка образцов для сравнительного изучения календарного и биологического возрастов ели и пихты на начальных этапах онтогенеза производились с учетом методических рекомендаций М.В. Придни [7], предложенных для ели сибирской и примененных А.М. Бойченко [1] для других хвойных пород. В каждом из изучаемых типов ЛРУ за пределами пробной площади, но в непосредственной близости, отбиралось 100–200 экземпляров подроста, у которых по мутовкам или следам почечных чешуй подсчитывался возраст до уровня почвы. Полученный в результате подсчета возраст принимался за биологический возраст растения. Затем растения выкапывались с глыбкой почвенного субстрата. Корневые системы растений отмывались в воде, органический субстрат осторожно удалялся.

При камеральной обработке стволик расщеплялся вдоль сердцевинки, просматриваясь вдоль сердцевинки с использованием монокуляра МОВ–1–15х. При этом отыскивались и отмечались сердцевинные узлы. Первый сердцевинный узел служил контролем определения нахождения гипокотилея. После этого подсчитывался точный возраст растения.

При построении таблиц значений календарного и биологического возраста подрост объединялся по однолетним биологическим возрастным ступеням, для которых подсчитывались средние значения календарного (абсолютного) возраста, ошибки среднего и минимальное и максимальное значения календарного (абсолютного) возрастов.

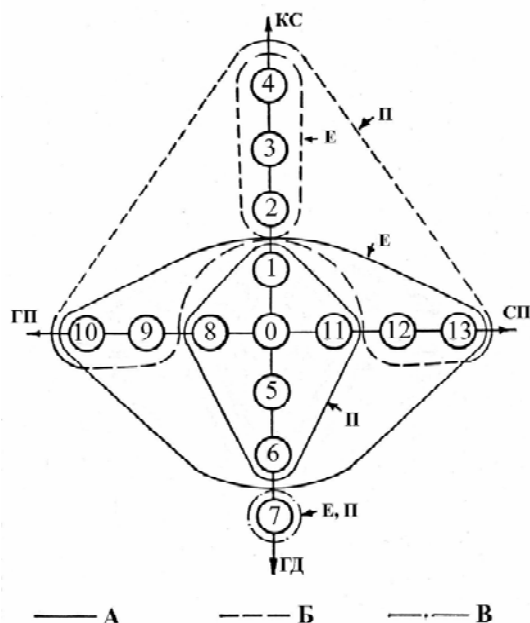


Рис. 1. Экологические ареалы ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) и пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) по Кулагину Ю.З. (1970) Условные обозначения: КС – ряд ксеротрофизации, СП – ряд сциопсихотрофизации, ГД – ряд гидротрофизации, ГП – ряд гелиопсихотрофизации. А – доминирует или содоминирует в древостое, Б – единичные деревья, В – недолговечный подрост. Типы ЛРУ: 0 – крапивно-снытевый, 1 – крупнопапоротниково-снытевый; 2 – орляково-снытевый; 3 – коротконожково-снытевый; 4 – чилиговый; 5 – хвощово-кислично-снытевый; лабазниково-кислично-снытевый; 7 – снытево-лабазниковый; 8 – липняково-зеленомошный; 9 – осочково-зеленомошный; 10 – зигаденусово-зеленомошный; 11 – липняково-кислично-снытевый; 12 – мелкопапоротниково-зеленомошный; 13 – сфагново-зеленомошный

Результаты и обсуждение

Исследования показали, что при определении возраста подростка ели сибирской и пихты сибирской метод анатомического анализа по сравнению с методом подсчета возраста растений по мутовкам или следам почечных чешуй (табл. 1, 2) дает более точные и достоверные результаты.

Установлено, что достоверно календарный и биологический возрасты начинают различаться во всех изучаемых типах леса при достижении возраста надземной части подростка ели – 10 лет, пихты – 11 лет. Соответственно увеличивается ошибка в определении календарного возраста при подсчете числа мутовок или следов почечных чешуй. Биологический возраст растений может оставаться на протяжении нескольких лет одинаковым.

Различие календарного и биологического возрастов связано с формированием у подростка ели и пихты многолетнего одревесневшего корневища – ксилоризомы. Ксилоризома образуется в пессимальных условиях под

пологом древостоя, где основные факторы среды обитания (свет, влажность, минеральное питание), необходимые для успешного роста растений, находятся в минимуме. Работы, проведенные по учету, показали, что большинство растений подростка ели (ельник мп.-зм. – 92 %, пихто-ельник ос.-зм. – 91 %) и пихты (пихто-ельник ос.-зм. – 85 %, пихто-ельник кп.-сн. – 82 %, пихтач хв.-кисл.сн. – 92 %) под пологом древостоев образуют ксилоризому. Формирование ксилоризомы у растений ели и пихты под пологом древостоев начинается в ювенильном онтогенетическом состоянии (в 5–6 лет) и является следствием погребения базальной части стволика растения опадом листьев и хвои или моховым покровом. На погребенной части образуются адвентивные придаточные корни (рис. 2). Переформирование генетической корневой системы на придаточную корневую систему позволяет растениям полнее использовать ресурсы верхних горизонтов почвы и тем самым выдерживать конкуренцию с деревьями основного яруса.

Различие биологического и календарного возрастов ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) в широколиственно-хвойных лесах Уфимского плато

Биологический возраст растений, лет	Абсолютный возраст растений, лет	Количество измеренных растений, шт
1	1	49
2	2	9
3	3	31
4	5,08 ± 2,39 (4–12)*	12 (2)**
5	6,50 ± 2,17 (5–11)	41 (15)
6	8,83 ± 2,27 (6–16)	23 (18)
7	9,50 ± 1,34 (7–12)	22 (19)
8	10,40 ± 1,76 (9–16)	20 (20)
9	11,96 ± 4,10 (9–20)	28 (12)
10	14,28 ± 3,46 (10–19)	18 (12)
11	18,31 ± 2,95 (13–24)	13 (13)
12	21,75 ± 4,23 (15–28)	8 (8)
13	18,81 ± 2,83 (13–23)	16 (15)
14	22,13 ± 6,40 (17–37)	8 (8)
15	21,43 ± 2,99 (18–27)	7 (7)
16	21,71 ± 1,60 (19–23)	7 (7)
17	24,20 ± 5,85 (20–34)	5 (5)
18	31,67 ± 7,50 (24–44)	6 (6)
19	27,00 ± 5,06 (20–33)	6 (6)
20	28,86 ± 4,10 (24–35)	7 (7)
21	37,00 ± 12,12 (26–50)	3 (3)

Т а б л и ц а 2

Различие биологического и календарного возрастов пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) в широколиственно-хвойных лесах Уфимского плато

Биологический возраст растений, лет	Абсолютный возраст растений, лет	Количество измеренных растений, шт
1	–	–
2	2	41
3	–	–
4	–	–
5	6,50 ± 1,70 (5–10)*	14 (8)**
6	6,40 ± 1,01 (6–10)	35 (6)
7	7,36 ± 0,76 (7–10)	25 (6)
8	8,71 ± 1,12 (8–13)	24 (11)
9	10,08 ± 1,84 (9–15)	24 (12)
10	12,52 ± 4,29 (10–23)	33 (10)
11	19,00 ± 3,88 (11–29)	23 (21)
12	21,86 ± 5,17 (16–34)	21 (21)
13	22,60 ± 5,20 (13–32)	20 (19)
14	23,59 ± 5,99 (14–35)	22 (19)
15	24,17 ± 5,76 (15–36)	23 (22)
16	27,78 ± 5,99 (16–42)	24 (23)
17	27,11 ± 7,03 (19–50)	19 (19)
18	27,67 ± 6,08 (19–40)	12 (12)
19	26,38 ± 7,76 (19–36)	8 (7)
20	30,36 ± 9,18 (20–49)	14 (14)

Примечания: * – в скобках даны минимальное и максимальное значения точного возраста растений; ** – в скобках отражено количество растений, различающихся возрастами.

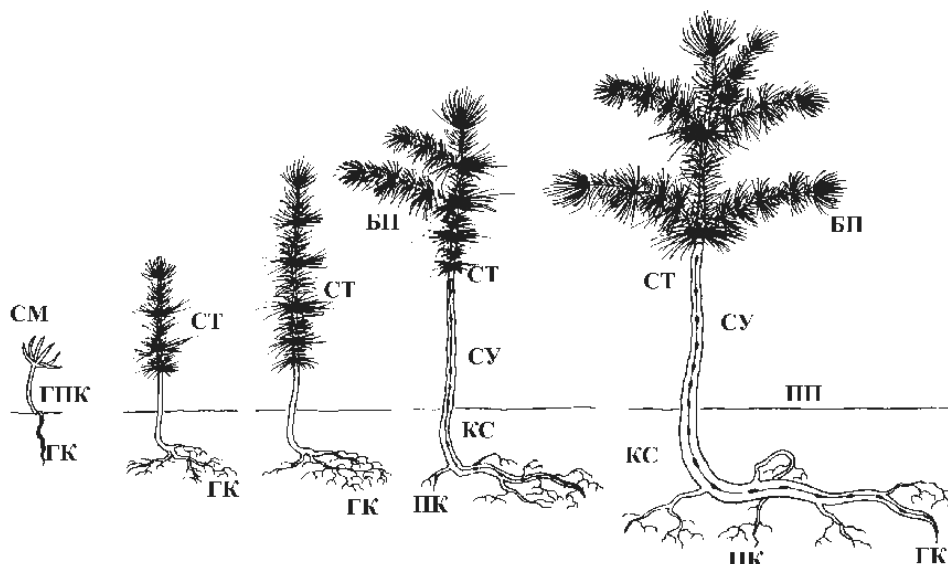


Рис. 2. Схема образования ксилоризомы у ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.). Условные обозначения: см – семядоли, гпк – гипокотиль, ст – ствол, кс – ксилоризома, пп – поверхность почвы, су – сердцевинный узел, гк – генетический корень, пк – придаточный корень, бп – боковой побег

Установлено, что при использовании метода анатомического среза ошибка в определении возраста растений подроста ели и пихты может быть в следующих случаях: 1) если в отдельный годы у древесных растений верхушечная почка не раскрывается и побег в данный год вообще не начинает расти; 2) если отмирает погребенный гипокотиль и вместе с ним приросты нескольких лет.

Выводы

1. Ошибки при определении точного возраста растений традиционными методами связаны с формированием растениями подроста ели и пихты многолетнего одревесневшего корневища – ксилоризомы.

2. Метод анатомического анализа дает наиболее достоверную информацию о календарном (точном) возрасте растений.

3. Полученные результаты обуславливают необходимость критического анализа фактических материалов и публикаций по естественному возобновлению ели и пихты. Они требуют пересмотра большинства работ по естественному возобновлению, в которых используются данные о возрасте растений подроста, полученные традиционными методами.

Список литературы

1. Бойченко А.М. О методических особенностях определения возраста у подроста хвойных, растущих в Северной тайге // Лесной журнал. Известия ВУЗов. – 1969. – №6. – С. 151–152.
2. Кожевникова Н.Д. Биология и экология тьяньшаньской ели. – Фрунзе: Илим, 1982. – 240 с.
3. Корчагин А.А. Определение возраста деревьев умеренных широт // Полевая геоботаника. Т. II. – М., Л.: Изд-во АН СССР, 1960. – С. 209–241.
4. Кулагин Ю.З. Экологические ареалы пород-лесообразователей в районе Уфимского плато // Лесоведение. – 1978. – №5. – С. 24–29.
5. Мартынов Н.А., Баталов А.А., Кулагин А.Ю. Широколиственно-хвойные леса Уфимского плато. – Уфа: Гилем, 2002. – 222 с.
6. Письмеров А.В. Лесная растительность Уфимского плато // Горные леса Южного Урала. – Уфа: Башкирское кн. изд-во, 1971. – С. 109–118.
7. Придня М.В. Опыт определения возраста у подроста ели сибирской по сердцевинным узлам // Лесоведение. – 1967. – № 5. – С. 72–77.
8. Сукачев В.Н., Зонн С.В., Мотовилов Г.П. Методические указания к изучению типов леса. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 115 с.
9. Терминология роста и развития высших растений / М.Х. Чайлахян, Р.Г. Бутенко, О.Н. Кулаева, В.Н. Кефели, Н.П. Аксенова. – М.: Наука, 1982. – 96 с.

СВЯЗЬ ПРИРОСТА ОРЕХА ГРЕЦКОГО С КЛИМАТИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ

К.Д. МУХАМЕДШИН, *проф. ВНИИЛМа, д-р с.-х. наук,*
 Б.Н. ШАМШИЕВ, *докторант МГУЛа, канд. с.-х. наук,*
 З.Х. ДЖОРОЕВ, *асп. МГУЛа*

По склонам Ферганского и Чаткальского хребтов горной системы Тянь-Шаня произрастают орехоплодовые леса, отличающиеся большим разнообразием видов и форм древесно-кустарниковых пород.

Главные лесообразующие породы этих уникальных лесов представлены орехом грецким, яблоней Киргизов и Сиверса, кленом туркестанским, елью тянь-шаньской, пихтой Семенова, фисташкой, различными кустарниками: алычей, шиповником, спиреей, боярышником, жимолостью, барбарисом и многими другими.

Орехоплодовые леса юга Кыргызстана, как и все леса республики, выполняют почвозащитную, водоохранную и водорегулирующую функции, которые по своему значению выходят далеко за пределы республики.

Располагаясь в бассейнах многих больших и малых рек, притоков реки Сыр-Дарьи, орехоплодовые леса способствуют равномерному распределению ресурсов этих водных артерий – основ поливного земледелия.

Они признаны важнейшим поставщиком горных плодов: ореха грецкого, яблок, алычи, фисташек, а также ценнейшей ореховой древесины для мебельной промышленности.

Народохозяйственное значение орехоплодовых лесов умножают традиционные виды побочного пользования: пастьба скота, сенокошение, заготовка лекарственного и технического сырья, сельхозпользование пахотными угодьями, пчеловодство, садоводство, охота.

Свежий горный воздух, наполненный ароматом многообразной растительности, неповторимые пейзажи, впечатляющее сочетание огромного зеленого океана с заоблач-

ными горными вершинами, покрытыми шапками вечных снегов, привлекают большое количество туристов и отдыхающих.

Горные хребты способствовали образованию благоприятных лесорастительных условий для сохранения и развития лесных формаций этого региона.

Климат в зоне расположения орехоплодовых лесов континентальный, с явно выраженной вертикальной зональностью; среднегодовая температура – +9°C, среднемесячная минимальная температура – 2–5°C. Абсолютный минимум –24°C, максимум +36°C. Количество осадков превышает 1000 мм в год.

Почвы под ореховыми лесами черно-коричневые и коричневые. Они отличаются богатством гумуса (10–15 %) и большой водопроницаемостью, практически исключая поверхностный сток. Ветры преимущественно штилевые.

Перечисленные факторы свидетельствуют о благоприятности условий для роста и развития древесно-кустарниковых пород в орехоплодовых лесах, однако достаточно часто повторяющиеся позднеосенние и раннеосенние заморозки, градобои, обильные снегопады (в 1968 г. глубина снежного покрова местами превышала 4 м), засушливые периоды и др. явления заметно снижают производительность этих лесов.

Особое место в составе лесообразующих пород орехоплодовых лесов принадлежит ореху грецкому, насаждения которого занимают более 29 тыс. гектаров, что составляет свыше 30 % площади всех ореховых насаждений СНГ.

Орех грецкий – дерево, достигающее 2 м толщины и более 30 м высоты. Растет до 400 лет, но встречаются экземпляры и старшего возраста.

Орех грецкий более требователен к влажности почвы, чем к богатству ее гумусом. Светолюбив. Требователен к теплу, но обмерзание однолетних побегов начинается при $-27-28^{\circ}\text{C}$ [1], в Болгарии – при $-38,3^{\circ}\text{C}$ [2]. Максимальная урожайность одного дерева достигает 500 кг [1], обычно же она составляет 60–125 кг, а в насаждениях с полнотой 0,6–0,7 – от 2 до 66 кг.

Урожайность, безусловно, снижает прирост плодоносящих деревьев, однако количественная зависимость между этими факторами для ореха грецкого не изучалась.

Многогранная хозяйственная роль орехоплодовых лесов ставит перед наукой задачи по их разностороннему изучению в целях повышения продуктивности, защитных и водоохраных свойств этих лесов.

В свете решения поставленных задач нами проведено изучение динамики прироста деревьев ореха грецкого в зависимости от ряда климатических факторов.

Возможности и перспективы использования дендрохронологической информации для суждения об изменчивости условий внешней среды представляют в настоящее время значительный интерес.

Многочисленными наблюдениями установлено, что под воздействием климатических факторов динамика прироста годичных слоев древесины ореха грецкого приобретает циклический характер.

Это положение явилось основой наших дендроклиматических исследований.

Для изучения прироста ширины годичных колец ореха грецкого в зависимости от экологических условий нами заложено 5 постоянных пробных площадей в пределах абсолютных высот 1300–1700 метров над уровнем моря, на склонах различной ориентации и крутизны.

В непосредственной близости от указанных пробных площадей вырубались модельные деревья по 1–7 штук от каждой ступени толщины (для ореха грецкого принята величина ступени толщины в 2 см). У моделей выпиливались срезы на высотах: 0,0 м; 1,3 м; 2,3 м и т.д., которые использовались для определения ряда таксационных

показателей. Дендрохронологический анализ производился по модельным деревьям спелого и перестойного возраста (100–180 лет), прирост которых характеризуется относительно одинаковыми тенденциями из-за возрастных особенностей. Использовано 48 моделей.

Ширина годичных колец измерялась бинокуляром МБС-1 с точностью до 0,05 мм в четырех направлениях.

Установлено, что у ореха грецкого, хотя и неравномерно, в различных направлениях ежегодно откладывается древесина, годичные кольца нередко эксцентричны, со смещением сердцевины с севера на юг и более широкими (до 30 %) слоями древесины с северной стороны. Орех грецкий весьма чувствителен к грибковым заболеваниям. По данным Ю.И. Никитинского [3], зараженность древостоев достигает 80 %. Зараженность исследуемых нами древостоев щетинисто-волосовым трутовиком находится в пределах 11,7–57,7 % (для насаждений со средним возрастом 80–137 лет). Подверженность деревьев ореха грецкого влиянию фитовредителей резко снижает производительность насаждений, создает определенные трудности при выборе и обработке модельных деревьев. Характер роста этой ценной древесной породы в значительной мере зависит от возраста, поэтому мы применили метод исключения возрастных особенностей путем получения относительных величин – индексов прироста по 21-летней скользящей прямой.

Индексы радиального прироста нивелируют также влияние на текущий прирост индивидуальных особенностей деревьев, возможных неточностей в измерениях, разветвления стволов, фауности и др. причин.

Графическое сопоставление ширины годичных колец и индексов (см. рисунок) выявило достаточно высокую синхронность кривых роста по высоте ствола, что свидетельствует об отсутствии каких-либо существенных ошибок в измерениях и о ежегодном отложении камбиального слоя у деревьев ореха грецкого. Это дало нам основание применения для анализов спилов моделей, взятых на высоте дерева 0,3 м, т.е. на высоте пня.

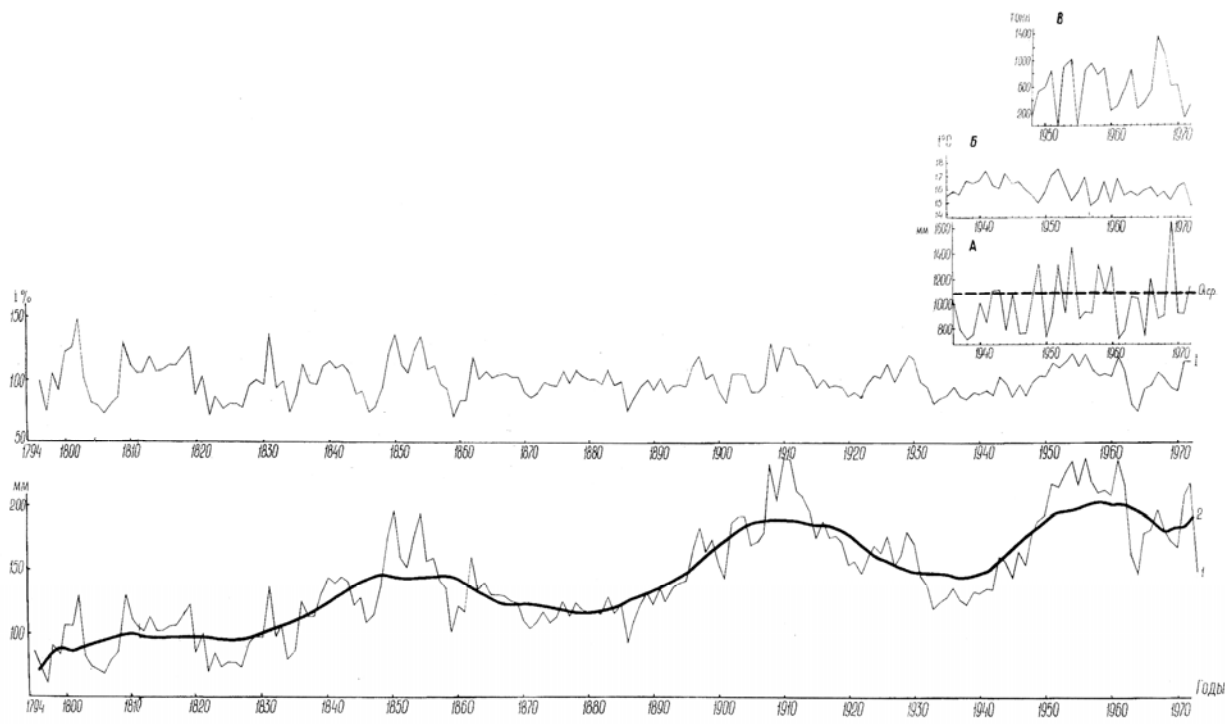


Рисунок. Радиальный прирост отдельных моделей

Статистическая обработка индексов радиального прироста отдельных моделей в пределах одинаковых экологических условий показала, что степень сходства между ними составляет 85 %, коэффициент вариации – 8–14 %, а точность исследования – 0,7–1,5 %.

Кривые прироста деревьев существенно отличаются только по абсолютной величине и по отклонениям экстремальных значений ширины годичных слоев от средних величин; индексами прироста сглаживается и упорядочивается первоначальная несопоставимость этих величин.

Сопоставление радиального прироста с климатическими факторами имеет довольно широкое применение в дендроклиматических исследованиях [4, 5, 6, 7, 8]. Характер прироста ширины годичных колец определен нами в зависимости от среднегодовой температуры, среднемесячной температуры за вегетационный период (апрель-сентябрь) и суммы осадков за гидрологический год.

Для этого использованы данные метеостанции Ак-Терек-Гава (за 1936–1972 гг.), расположенной на высоте 1748 м над уров-

нем моря в центральной части орехоплодных лесных массивов.

Нами установлено, что корреляционная связь радиального прироста ореха грецкого имеет следующую зависимость климатических факторов:

1) с суммой осадков за гидрологический год – значительная положительная ($r = 0,612 - 0,621 \pm 0,11$);

2) со среднемесячной температурой за вегетационный период (апрель-сентябрь) – значительная ($r = -0,510 - 0,588 \pm 0,16$) и умеренная ($r = -0,484 \pm 0,20$) отрицательная;

3) со среднемесячной температурой апреля – слабая положительная ($r = 0,14 - 0,27 \pm 0,19$);

4) со среднемесячной температурой мая, июня – умеренная положительная ($r = 0,323 - 0,378 \pm 0,13$).

Выводы

1. Радиальный прирост деревьев ореха грецкого отличается значительной синхронностью по высоте ствола.

2. Абсолютные значения прироста одновозрастных деревьев, произрастающих в одинаковых условиях, нередко имеют су-

ществленные отличия. Особенно резкое снижение прироста наблюдается у растений, пораженных грибными болезнями.

3. Влияние осадков на прирост для насаждений всех поясов положительное.

4. Связь между приростом и среднемесячной температурой вегетационного периода значительная обратная, причем в апреле – слабая положительная, мае-июне – умеренная положительная, июле-сентябре – умеренная и значительная отрицательная.

Список литературы

1. Ровский В.М. Наследование особенностей грецкого ореха при свободном опылении // Лесн. хозяйство. – 1960. – № 12.
2. Захов Т; Васильев В. Орех, лещник и бадем. – София, 1957.
3. Никитинский Ю.И. Биологические основы хозяйства в лесах грецкого ореха. – Фрунзе: Илим. – 1970. – С. 202.
4. Афанасьев К.С. Растительность Туркестанского хребта в пределах Туркестана и Киргизии. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956.
5. Молчанов А.А. Дендроклиматические основы прогнозов погоды. – М.: Наука, 1976. – 166 с.
6. Турманина В.И. Особенности прироста деревьев Приэльбрусья: Материалы Всесоюз. совещ. по дендрохронологии и дендроклиматологии. – Каунас, 1972.
7. Мухамедшин К.Д. Современное состояние и задачи дендрохронологических исследований: Материалы Всесоюз. совещ. по вопросам дендрохронологии и дендроклиматологии. – Вильнюс, 1968.
8. Битвинскас Т.Т. О некоторых вопросах синхронизации (верификации) в дендроклиматохронологических исследованиях и принцип классификации и отбора дендрохронологического материала // Тр. Всесоюз. совещ. по дендрохронологии и дендроклиматологии. – Каунас, 1972.

АЗОТНЫЕ УДОБРЕНИЯ И ДИНАМИКА МИКРОСТРУКТУРЫ ДРЕВЕСИНЫ В СОСНЯКЕ ДОЛГОМОШНОМ

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

В России большинство лесных насаждений нуждается в дополнительном азотном питании [2]. Азотные удобрения являются эффективным приемом повышения продуктивности и устойчивости лесов [1, 3, 4, 5, 6, 7].

Изучение влияния азотных удобрений на радиальный прирост, макроструктуру (ширину годичных слоев (ШГС), содержание поздней древесины в годичных слоях), микроструктуру древесины (размеры, количество и соотношение ранних и поздних трахеид) проводилось в приспевающем сосняке долгомошном Костромской области.

Азотные удобрения были внесены в 1982 г. в форме карбамида (46 %N) в трех дозах: 100, 150, 200 кг/га действующего вещества (д. в.). Исследования строения древесины сосны проводились на деревьях II класса роста и развития по Крафту. Образцы древесины брались на высоте 1,3 м, фиксировались, из них приготавливались микропрепараты древесины. Измерение показате-

телей макро- и микроструктуры древесины сосны проводились микроскопом МБР-1 и шкалой окуляр-микрометра МОВ-1-15^X. Длина трахеид измерялась анализатором длины волокон FS-100. Сравнивались варианты удобренных и контрольных (неудобренных) древостоев за 5 лет до удобрения (1977–1981 гг.) и 6 лет после удобрения (1982–1987 гг.).

Проведенные нами в сосняке долгомошном опыты показали, что азотные удобрения оказывают неоднозначное действие на радиальный прирост, его макро- и микроструктуру. Характер изменений в строении древесины сосны зависит от дозы и продолжительности действия азотных удобрений.

Продолжительность действия азотных удобрений составила 6 лет. В среднем за 6 лет существенные изменения в радиальном приросте произошли в опытах с N150 и N200, когда он увеличился соответственно на 18,8 и 24,5 %. Структура древесины сосны в среднем за 6 лет изменилась только с

N200 в результате снижения доли поздней древесины в годичных слоях на 10,3 % по сравнению с контролем.

В динамике радиального прироста с N100 в первые 4 года не было существенных различий с контрольным вариантом, на 5-й год наблюдалось его уменьшение на 5,7 %, а на 6-й год после удобрения – повышение ШГС на 38,0 % по сравнению с контролем. N150 способствовали возрастанию ШГС в первые 3 года на 28,3–32,4 % и на 6-й год после удобрения на 29,0 % по сравнению с контролем (см. рис.). Изменения в структуре древесины в течение 6 лет в опытах с N100 и N150 оказались несущественными. N200 привели к повышению радиального прироста в течение 2–6 лет после внесения удобрения на 21,6–29,2 % и снизили содержание поздней древесины в годичных слоях сосны в 1-й год на 20,9 %, на 5-й год на 12,5 и на 6-й год после удобрения на 16,0 % по сравнению с контролем (см. рис.).

Следовательно, азотные удобрения способствовали некоторому увеличению радиального прироста (N150, N200), формированию менее равномерного строения древесины (N100, N150) и снижению содержания поздней древесины в годичных слоях сосны (N200).

В сосняке долгомошном азотные удобрения оказали некоторое влияние на микроструктуру древесины сосны. Изменения произошли в количестве, соотношении ранних и поздних трахеид, а также в их размерах.

В опытах с N150 и N200 в среднем за 6 лет было увеличение общего количества рядов трахеид соответственно на 15,6 и 10,9 %, что привело к возрастанию радиального прироста. В среднем за 6 лет в опыте с N150 повышение количества ранних и поздних трахеид было пропорционально соответственно на 14,7 и 16,5 % по сравнению с контролем и не привело к изменению структуры годичных слоев. А в опыте с N200 в среднем за 6 лет увеличение количества рядов трахеид шло в большей степени за счет ранних трахеид (на 19,4 %), что привело к снижению доли поздней древесины в годич-

ных слоях сосны и к ухудшению качества древесины.

За 6 лет действия удобрений в динамике количества рядов трахеид и соотношении ранних и поздних трахеид в годичных слоях в опытах с азотными удобрениями в некоторые годы произошли существенные изменения. Так N100 на 5-й год после их внесения снизили общее число трахеид на 12,8 %, а число поздних трахеид на 19,9 %, что вызвало снижение ШГС (на 15,7 %) и доли поздней древесины в годичных слоях (на 8,4 %), но изменения в содержании поздней древесины оказались не существенными. В этом опыте на 6-й год после удобрения наблюдалось повышение количества рядов трахеид: общего – на 35,4 %, поздних – на 55,7 %, ранних – на 17,3 %. Результатом таких изменений явилось увеличение радиального прироста (на 38,0 %) и процент поздней древесины в годичных слоях (на 11,2 %) по сравнению с контролем. В опыте с N150 изменения в количестве рядов трахеид были синхронны изменениям в радиальном приросте. N150 увеличили общее количество трахеид в годичном слое в первые 3 года и на 6-й год после их внесения соответственно на 18,3–29,9 % и 27,7 %. Соотношение между ранними и поздними трахеидами при этом не изменилось, что привело к возрастанию ШГС (на 18,8) и не повлияло на структуру древесины сосны. N200 способствовали повышению общего количества рядов трахеид на 2–6-й годы после удобрения на 7,4–20,0 %. При этом, формирование рядов ранних трахеид шло более интенсивно, чем поздних, и составило за 6 лет действия удобрений 10,3–29,9 % по сравнению с контролем. В опыте с N200 в динамике количества поздних трахеид было снижение этого показателя в 1-й год (на 15,9 %) и его увеличение на 3-й и 4-й годы после внесения удобрений соответственно на 19,4 и 16,9 % по сравнению с контролем. В результате изменения количества и соотношения ранних и поздних трахеид в этом варианте опыта в течение 6 лет произошло увеличение радиального прироста и снижение содержания поздней древесины в годичных слоях сосны (см. рис.).

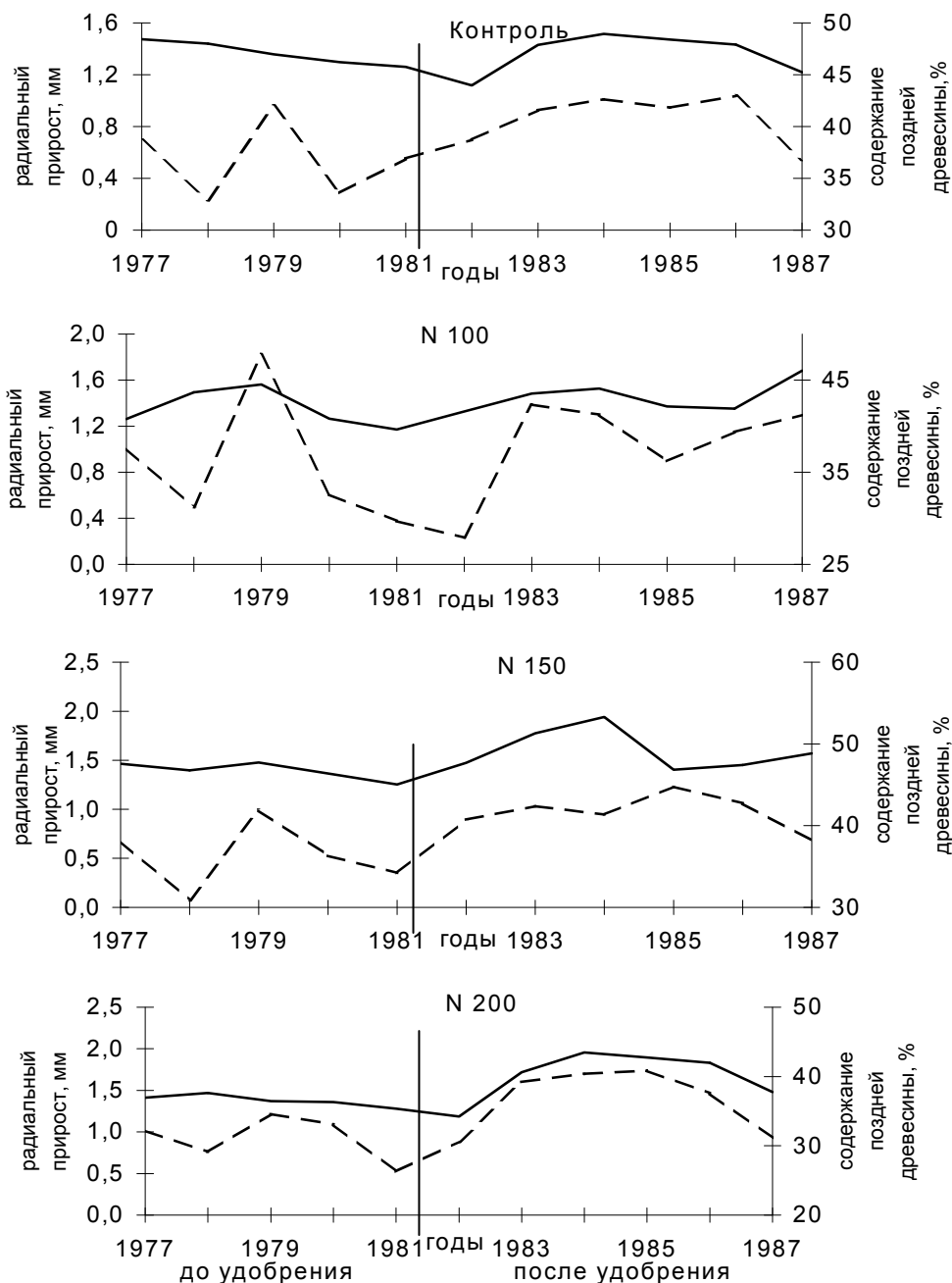


Рисунок. Влияние азотных удобрений на динамику радиального прироста и содержание поздней древесины в годичных слоях сосны в сосняке долгомошном. Условные обозначения: — — ширина годичных слоев, мм; - - - - содержание поздней древесины, %

Азотные удобрения, кроме N200, вызвали утолщение стенок трахеид и мало повлияли на их диаметры. Наиболее значительные изменения в толщине стенок трахеид были с N150, которые способствовали формированию более толстостенных ранних трахеид в радиальном направлении в 1-й, 5-й и 6-й годы, в тангенциальном направлении на 2-й, 3-й, 5-й и 6-й годы после удобрения и

поздних трахеид в радиальном и тангенциальном направлениях в течение 6 лет действия удобрений (таблица). В результате этих изменений в опыте с N150 в среднем за 6 лет у ранних трахеид радиальная толщина стенок увеличилась на 8,7 %, тангенциальная — на 11,9 %, у поздних трахеид соответственно — на 17,0 и 12,3 % по сравнению с контролем. N100 повысили толщину стенок ранних тра-

хеид в радиальном направлении на 4–6-й годы (на 8,7–11,1 %), в тангенциальном направлении – на 3–5-й годы после удобрения (на 9,1–17,5 %), поздних трахеид в радиальном направлении на 3-й год (на 11,2 %), в тангенциальном направлении на 2–5-й годы после удобрения (на 16,0–20,9 %). В среднем за 6 лет действия удобрений в опыте с N100 произошло существенное утолщение стенок ранних трахеид в радиальном направлении на 11,9 % и поздних трахеид в тангенциальном направлении на 11,0 % по сравнению с контролем. N200 не повлияли на толщину стенок трахеид, только на 2-й год после внесения удобрения они вызвали повышение радиальной толщины стенок поздних трахеид на 12,1 % по сравнению с контролем.

Опыты с азотными удобрениями показали, что в среднем за 6 лет их действия существенные изменения в диаметрах трахеид вызвали только N200. В этом опыте наблюдалось увеличение радиальных диаметров ранних трахеид в 1-й, 3-й, 5-й и 6-й годы после удобрения (на 13,3–16,8 %). В среднем за 6 лет этот показатель вырос на 10,5 % по сравнению с контролем. N200 способствовали повышению радиальных диаметров позд-

них трахеид на 2-й и 5-й годы после внесения удобрений соответственно на 28,0 и 12,4 % по сравнению с контролем. N100 увеличили диаметры ранних трахеид в радиальном направлении в первые 3 года на 8,3–12,7 %, в тангенциальном направлении – в 1-й, 3-й и 4-й годы на 8,8–9,6 % и не повлияли на диаметры поздних трахеид. N150 вызвали повышение у ранних трахеид радиальных диаметров в 1-й и 3-й годы после удобрения соответственно на 15,5 и 26,2 %, тангенциальных диаметров – на 3-й, 5-й и 6-й годы действия удобрений на 9,2–14,5 %, у поздних трахеид радиальных диаметров – в 1-й и 2-й годы после удобрения соответственно на 22,7 и 17,2 % по сравнению с контролем.

Азотные удобрения в дозе 200 кг/га д. в. привели к существенному удлинению ранних трахеид. В среднем за 6 лет их действия длина ранних трахеид увеличилась на 4,8 %. Максимальное повышение этого показателя на 12,6 % по сравнению с контролем было на 5-ый год после внесения удобрения. Длина поздних трахеид несколько увеличилась (на 3,9 %) только на 3-ий год после удобрения, в среднем за 6 лет действия удобрений этот показатель не изменился (см. табл.).

Т а б л и ц а

Показатели микроструктуры древесины сосны за период действия азотных удобрений в сосняке долгомошном

Варианты опыта	Годы после удобрения	Размеры трахеид									
		Диаметры трахеид, мкм				Толщина стенок трахеид, мкм				Длина трахеид, мм	
		РТ		ПТ		РТ		ПТ		РТ	ПТ
		рад.	танг.	рад.	танг.	рад.	танг.	рад.	танг.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Контроль	1982 1	35,4 100,0	33,7 100,0	23,8 100,0	34,2 100,0	4,6 100,0	4,2 100,0	11,8 100,0	15,4 100,0	2,76 100,0	3,32 100,0
	1983 2	37,5 100,0	35,2 100,0	22,1 100,0	34,6 100,0	4,6 100,0	4,3 100,0	9,9 100,0	14,8 100,0		
	1984 3	36,3 100,0	33,0 100,0	24,9 100,0	33,8 100,0	4,8 100,0	4,4 100,0	11,6 100,0	14,6 100,0	2,87 100,0	3,30 100,0
	1985 4	38,5 100,0	33,5 100,0	25,0 100,0	34,2 100,0	4,5 100,0	4,3 100,0	11,9 100,0	14,8 100,0		
	1986 5	38,0 100,0	32,4 100,0	23,4 100,0	31,7 100,0	4,6 100,0	4,0 100,0	11,0 100,0	14,4 100,0	2,47 100,0	3,32 100,0
	1987 6	37,6 100,0	33,7 100,0	24,2 100,0	33,2 100,0	4,4 100,0	4,3 100,0	11,0 100,0	13,5 100,0		
	Ср. за 6 лет	37,2 100,0	33,6 100,0	23,9 100,0	33,6 100,0	4,6 100,0	4,2 100,0	11,2 100,0	14,6 100,0	2,70 100,0	3,31 100,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
N100	<u>1982</u> 1	<u>39,9*</u> 112,7	<u>36,9*</u> 109,5	<u>24,3</u> 102,1	<u>32,2</u> 94,2	<u>4,9</u> 106,5	<u>4,9*</u> 116,7	<u>11,7</u> 99,2	<u>14,8</u> 96,1		
	<u>1983</u> 2	<u>40,6*</u> 108,3	<u>35,6</u> 101,1	<u>24,8*</u> 112,2	<u>35,8</u> 103,5	<u>4,7</u> 102,2	<u>5,0*</u> 116,3	<u>10,5</u> 106,1	<u>17,4*</u> 117,6		
	<u>1984</u> 3	<u>40,0*</u> 110,2	<u>35,9*</u> 108,8	<u>24,6</u> 98,8	<u>34,6</u> 102,4	<u>5,0</u> 104,2	<u>4,8*</u> 109,1	<u>12,9*</u> 111,2	<u>17,2*</u> 117,8		
	<u>1985</u> 4	<u>39,8</u> 103,4	<u>36,7*</u> 109,6	<u>25,0</u> 100,0	<u>34,4</u> 100,5	<u>5,0*</u> 111,1	<u>4,9*</u> 113,9	<u>12,5</u> 105,0	<u>17,9*</u> 120,9		
	<u>1986</u> 5	<u>40,8</u> 107,4	<u>34,9</u> 107,7	<u>23,2</u> 99,1	<u>32,8</u> 103,5	<u>5,0*</u> 108,7	<u>4,7*</u> 117,5	<u>13,4</u> 93,1	<u>16,7*</u> 116,0		
	<u>1987</u> 6	<u>39,7</u> 105,6	<u>34,0</u> 100,9	<u>21,9</u> 90,5	<u>31,7</u> 95,5	<u>4,8*</u> 109,1	<u>4,2</u> 97,7	<u>11,6</u> 105,5	<u>13,5</u> 100,0		
	Ср. за 6 лет	<u>40,1</u> 107,8	<u>35,7</u> 106,7	<u>24,0</u> 100,4	<u>33,6</u> 100,0	<u>4,9</u> 106,5	<u>4,7*</u> 111,9	<u>12,1</u> 108,0	<u>16,2*</u> 111,0		
N150	<u>1982</u> 1	<u>40,9*</u> 115,5	<u>35,1</u> 104,2	<u>29,2*</u> 122,7	<u>33,3</u> 97,4	<u>5,0</u> 108,7*	<u>4,3</u> 102,4	<u>13,6*</u> 115,3	<u>16,4</u> 106,5		
	<u>1983</u> 2	<u>38,5</u> 102,7	<u>36,5</u> 103,7	<u>25,9*</u> 117,2	<u>32,7</u> 94,5	<u>4,9</u> 106,5	<u>4,6*</u> 107,0	<u>12,4*</u> 125,3	<u>16,5*</u> 111,5		
	<u>1984</u> 3	<u>45,8*</u> 126,2	<u>37,5*</u> 113,6	<u>25,5</u> 102,4	<u>35,8</u> 105,9	<u>5,1</u> 106,3	<u>4,9*</u> 111,4	<u>13,3*</u> 114,7	<u>17,3*</u> 118,5		
	<u>1985</u> 4	<u>38,0</u> 98,7	<u>35,3</u> 105,4	<u>25,5</u> 102,0	<u>34,9</u> 102,0	<u>4,6</u> 102,2	<u>4,5</u> 104,7	<u>14,3*</u> 120,2	<u>16,2*</u> 109,5		
	<u>1986</u> 5	<u>40,1</u> 105,5	<u>37,1*</u> 114,5	<u>23,3</u> 99,6	<u>33,6</u> 106,0	<u>5,2*</u> 113,0	<u>5,0*</u> 125,0	<u>13,5*</u> 122,7	<u>16,9*</u> 117,4		
	<u>1987</u> 6	<u>40,8</u> 108,5	<u>36,8*</u> 109,2	<u>24,3</u> 100,4	<u>32,5</u> 97,9	<u>5,2*</u> 118,2	<u>4,7*</u> 109,3	<u>11,6</u> 105,5	<u>15,1*</u> 111,9		
	Ср. за 6 лет	<u>40,7</u> 109,4	<u>36,4</u> 108,3	<u>25,6</u> 107,1	<u>33,8</u> 100,6	<u>5,0*</u> 108,7	<u>4,7*</u> 111,9	<u>13,1*</u> 117,0	<u>16,4*</u> 112,3		
N200	<u>1982</u> 1	<u>40,1*</u> 113,3	<u>34,5</u> 102,4	<u>23,3</u> 97,9	<u>34,7</u> 101,5	<u>4,8</u> 104,3	<u>4,1</u> 97,6	<u>12,3</u> 104,2	<u>15,5</u> 100,6	<u>2,85</u> 103,3	<u>3,26</u> 98,2
	<u>1983</u> 2	<u>39,0</u> 104,0	<u>34,2</u> 97,2	<u>28,3*</u> 128,0	<u>33,5</u> 96,8	<u>4,5</u> 97,8	<u>4,3</u> 100,0	<u>11,1*</u> 112,1	<u>13,9</u> 93,9		
	<u>1984</u> 3	<u>42,4*</u> 116,8	<u>33,1</u> 100,3	<u>22,8</u> 91,6	<u>35,3</u> 104,4	<u>4,7</u> 97,9	<u>4,1</u> 93,2	<u>12,3</u> 106,0	<u>14,4</u> 98,6	<u>2,87</u> 100,0	<u>3,43*</u> 103,9
	<u>1985</u> 4	<u>41,1</u> 106,8	<u>32,3</u> 96,4	<u>24,2</u> 96,8	<u>34,8</u> 101,8	<u>4,8</u> 106,7	<u>4,1</u> 95,3	<u>12,7</u> 106,7	<u>16,2</u> 109,5		
	<u>1986</u> 5	<u>44,1*</u> 116,0	<u>32,2</u> 99,4	<u>26,3*</u> 112,4	<u>32,8</u> 103,5	<u>4,9</u> 106,5	<u>4,1</u> 102,5	<u>11,5</u> 104,5	<u>13,8</u> 95,8	<u>2,78*</u> 112,6	<u>3,36</u> 101,2
	<u>1987</u> 6	<u>39,9</u> 106,1	<u>33,4</u> 99,1	<u>23,8</u> 98,3	<u>32,4</u> 97,6	<u>4,8</u> 109,1	<u>4,3</u> 100,0	<u>12,0</u> 109,1	<u>14,4</u> 106,7		
	Ср. за 6 лет	<u>41,1*</u> 110,5	<u>33,3</u> 99,1	<u>24,8</u> 103,8	<u>33,9</u> 100,9	<u>4,8</u> 104,3	<u>4,2</u> 100,0	<u>12,0</u> 107,1	<u>14,7</u> 100,7	<u>2,83*</u> 104,8	<u>3,35</u> 101,2

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

Таким образом, исследования влияния азотных удобрений на строение древесины сосны в сосняке долгомошном показали, что удобрения в зависимости от дозы и продолжительности их действия вызывают различные изменения в макро- и микроструктуре древесины сосны. Они способствуют повы-

шению радиального прироста за счет роста общего количества рядов трахеид (N150, N200), снижению доли поздней древесины в результате преобладания в годичных слоях сосны ранних трахеид, формированию неравномерного строения древесины из-за перепадов в ширине годичных слоев и содержания

поздней древесины. В результате изменений в макроструктуре древесины сосны происходит увеличение ее запасов и снижение качества.

Азотные удобрения положительно влияют на некоторые показатели микро-структуры древесины сосны. Они увеличивают длину ранних трахеид и толщину стенок ранних и поздних трахеид. Опыты, проведенные в сосняке долгомошном, свидетельствуют о том, что с помощью азотных удобрений можно выращивать древесину определенного строения и качества, что, в свою очередь, позволяет лучше удовлетворять запросы ее потребителей.

Список литературы

1. Гримальский В.И. Применение удобрений в сосновых насаждениях с целью повышения их устойчивости к вредителям // Повышение эффективности использования минеральных удобрений в лесном хозяйстве: Тез. докл. науч.-техн. совещ. 12–13 августа 1986. – Архангельск: Правда Севера, 1986. – С. 187.
2. Кошельков С.П. Режим питания сосновых древостоев южной тайги // Лесоведение. – 1967. – № 4. – С. 64–70.
3. Паавилайнен Э. Применение минеральных удобрений в лесу / Пер. с финск. Л.В. Блюдника: Под ред. В.С. Победова. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 96 с.
4. Победов В.С. Применение удобрений в лесном хозяйстве. – М.: Лесн. пром-сть, 1972. – 201 с.
5. Прокушкин С.Г. Минеральное питание сосны (на холодных почвах). – Новосибирск: Наука СО, 1982. – 201 с.
6. Серый В.С. Влияние минеральных удобрений на продуктивность сосняков черничных и брусничных в северной подзоне тайги: Автореф. дис... канд. с.-х. наук. – М., 1980. – 21 с.
7. Сляднев А.П. Комплексный способ выращивания сосновых насаждений. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 105 с.

ВЛИЯНИЕ РУБОК УХОДА НА УСТОЙЧИВОСТЬ КУЛЬТУР СОСНЫ

Л.В. КАМЫШОВА, *Боровая ЛОС ВНИИЛМ*

Важнейшим фактором, определяющим эффективность рубок ухода в жестких для произрастания лесообразующей растительности условиях Бузулукского бора является устойчивость формируемых насаждений к болезням и вредителям. Сохранение и повышение устойчивости насаждений – одна из важнейших целей рубок ухода в этих условиях. Особую актуальность проблема рубок ухода и устойчивости насаждений получила в связи с широким распространением в Бузулукском бору корневой губки.

Появление корневой губки в бору отмечено ревизией лесоустройства в 1958 г. Следующим лесоустройством было выявлено 646 га поврежденных сосновых посадок в возрасте старше 35–40 лет.

Но по данным исследований Боровой ЛОС уже в 1973–1975 годах площади очагов болезни достигли 2 тыс. га, причем 96,5 % из них приходилось на чистые сосновые посадки. По последнему лесоустройству площадь пораженных корневой губкой культур сосны составила более 15000 га.

Для изучения заболевания и мер борьбы с ним Боровая ЛОС до настоящего времени продолжает комплексные исследования по профилактике корневой губки в восприимчивых к болезни и пораженных ею культурах сосны.

Эффективными мерами профилактики заболевания считаются создание смешанных культур сосны с лиственными породами (сосны до 50–70 %), применение химических и биологических препаратов для защиты корневых систем сосны.

Но главными среди мероприятий по борьбе с корневой губкой являются рубки ухода. Они позволяют выращивать здоровые насаждения или, хотя бы по крайней мере, дают возможность сдерживать распространение болезни в частично пораженных участках.

Согласно «Рекомендациям по ведению лесного хозяйства на лесотипологической основе в УЛ Бузулукский бор», разработанным Боровой ЛОС (1995), на восприимчивых к корневой губке участках посадок сосны должно производиться интенсивное

осветление (до 50 %). Оно должно выполняться в 5–6 лет в травяных и в 8–9 лет в мшистых сосняках. В сильно расstroенных посадках проводится комплекс оздоровительных мер и реконструкция насаждений на основе имеющегося естественного возобновления и частичных повторных культур.

Целесообразность дальнейших исследований в этом направлении обусловлена, прежде всего, увеличением площадей насаждений, пораженных корневой губкой 2–3 классов возраста, а также необходимостью разработки мероприятий, включая и рубки ухода, реконструкции пораженных культур, в т.ч. с использованием естественного возобновления в очагах болезни.

Не вызывает сомнения, что запаздывание с первым приемом рубок ухода является одной из причин поражения посадок корневой губкой.

По мнению многих исследователей, занимавшихся корневой губкой, интенсивное разреживание восприимчивых к болезни посадок в раннем возрасте может быть од-

ной из наиболее действенных мер профилактики болезни.

Результаты исследований в посадках сосны Бузулукского бора (1975–1983 гг.) показали положительное влияние применявшихся рубок ухода на устойчивость к поражению гнилью здоровых деревьев и улучшение состояния посадок с признаками поражения болезнью.

Проведенные исследования позволили дать оценку состояния и сохранности культур с рубками ухода, выполненными 20–30 лет назад (табл. 1).

При этом установлено, что существенную роль играет не только интенсивность разреживания, но и возраст культур, в котором проводится рубка. После проведения рубки в минимальном возрасте (8–10 лет) в культурах сохраняется большее число здоровых деревьев (90,9–94,5 %; пробн. площ. 1, 6). На пробных площадях 3–5, 8–10, где к моменту проведения рубок ухода насаждения уже были повреждены в разной степени корневой губкой, их состояние хуже (здоровых деревьев – 51,7–85,5 %).

Т а б л и ц а 1

**Состояние культур сосны на участках после проведения рубок ухода
(Боровое опытное лесничество)**

№ пр. пл.	Рубки ухода				Сохранность в 2002 г.	Количество деревьев по категориям состояния в 1989–2002 гг., %				Степень поражения насажд. корневой губкой в баллах
	Год	Возраст	Интенсивность по числу деревьев, %	Разреживание: вырубка рядов л/к, равномерное		1–2	3	4	5–6	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1976	10	52,1	2-й	51,6	90,9	3,8	2,3	3,0	1
2	1976	10	9,8	7-й	46,8	78,3	15,7	4,0	2,0	1
3	1982	14	33,7	4-й	38,4	62,8	22,3	3,2	11,7	3
4	1982	14	28,4	равном.	39,1	64,4	26,7	5,0	3,9	1
5	1982	14	6,1	контр.	23,6	82,8	13,8	3,4	–	3
6	1970	8	51,6	2-й	17,7	<u>95,1</u>	=	=	<u>4,9</u>	0
	2001	39	48,7	4-й		94,2	5,0	0,6	0,2	
7	1976	16	26,6	7-й и равном.	17,8	<u>85,5</u>	<u>0,3</u>	=	<u>14,4</u>	0
	2001	41	54,5	4-й и равном.		97,9	2,1	–	–	
8	1976	16	20,8	7-й и равном.	15,4	<u>82,7</u>	<u>0,4</u>	<u>0,4</u>	<u>16,5</u>	0
	2001	41	41,2	4-й и равном.		95,6	4,4	–	–	
9	1976	16	16,5	7-й и равном.	14,6	<u>79,7</u>	<u>0,2</u>	<u>0,6</u>	<u>19,5</u>	0
	2001	41	56,1	4-й и равном.		93,6	6,1	–	–	
10	1976	16	6,5	уборка сухостоя	17,1	<u>51,7</u>	<u>1,4</u>	<u>1,2</u>	<u>45,7</u>	0
	2001	41	50,2	4-й и равном.		92,2	7,8	–	–	

Сравнительная характеристика культур сосны на пробных площадях 6–10

№ пр. пл.	Возраст рубки	Интенсивность изреживания	Возраст, лет	Ср. высота, м	Ср. диаметр, см	Полнота	Запас, м ³ /га	Число деревьев, шт./га
6	8	51,6	40	18,2	18,6	0,76	217	929
7	16	26,6	42	16,4	15,2	0,68	192	1207
8	16	20,8	42	15,7	14,1	0,58	160	1187
9	16	16,5	42	16,3	14,8	0,32	94	593
10	16	6,5	42	13,9	14,1	0,56	147	1092

Чем выше интенсивность разреживания, тем лучше состояние посадок. На сохранность (на пр. пл. 6–10) и степень вредности корневой губки повлияло и то, что в 2001 г. здесь были проведены рубки ухода.

Возраст рубки и интенсивность разреживания заметно влияют и на показатели роста культур (табл. 2).

Так, на пр. пл. 6 при рубке 51,6 % деревьев в возрасте 8 лет улучшается не только санитарное состояние насаждения, но и становится выше средний диаметр, средняя высота и запас по сравнению с пр. пл. 7–10, где интенсивность рубки составила от 6,5 до 26,6 % и проведена она была в 16-летнем возрасте.

Таким образом, раннее разреживание оказывает положительное влияние на состояние устойчивости к поражению корневой губкой и рост культур. Вследствие разреживания в насаждениях изменяются влажность почвы, освещенность и температурный режим, что ухудшает условия обитания патогена.

Проведение ранних интенсивных разреживаний в восприимчивых к корневой губке и имеющих начальную стадию поражения гнилью культурах сосны может обеспечить условия для нормального роста этих культур и сохранения ими водоохранных защитных свойств.

ДИНАМИКА ДРЕВЕСНОГО ОТПАДА В ЕЛОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ

Л. ГАХРАМАНИ, *асп. каф. лесоустройства и охраны леса МГУЛа*

Деревья, отмершие в результате естественного изреживания древостоя с возрастом или вследствие их заболевания согласно ГОСТу называются отпадом. Этот процесс не сопровождается разрушением древостоев и является неотъемлемой частью жизнедеятельности лесных сообществ.

Ежегодный отпад представляет собой значительную величину. Только в Московской области он составляет в среднем 2 м³/га или около 3 млн м³ на всю площадь области. Древесину отмирающих деревьев целесообразно использовать до наступления срока главной рубки, т.е. в период промежуточного пользования лесом, которое складывается из

рубок ухода, санитарных рубок и выборочных рубок.

При ведении выборочной формы хозяйства важно знать не только общий объем отпада, но и основные его характеристики: динамику, структуру и взаимосвязь его с таксационными показателями насаждений. В своей работе мы стремились выявить динамику древесного отпада в еловых древостоях II бонитета Московской области.

Нами были использованы результаты исследований кафедры лесоустройства и охраны леса МГУЛ, проведенные на 6 пробных площадях начиная с 1954 г. На основе группировки отмерших деревьев по естест-

венным ступеням толщины были сопоставлены данные об изреживании в насаждениях разного возраста. Выравнивание экспериментальных данных предусматривало рассмотрение ряда законов распределения. Проверка гипотезы о соответствии значения выбранному закону распределения проводилась с помощью критерия Колмогорова-Смирнова λ . Анализ данных проводился на персональном компьютере с помощью софтов Spss и Excel.

Анализ материалов показывает, что распределение числа живых деревьев и отпада, а также запаса отмерших деревьев по естественным ступеням толщины в еловых древостоях близко к нормальному, что подтверждается критерием Колмогорова-Смирнова. Оценки достоверности показателей асимметрии и эксцесса подтверждают, что рассматриваемые распределения, хотя и имеют положительную асимметрию, но

близки к симметричному и по своему эксцессу незначительно отклоняются от нормального. (табл.1, 2, 3, 4 и рис. 1–7)

Отпад идет из всех ступеней толщины. С возрастом средний диаметр отмирающих деревьев увеличивается и приближается к соответствующему значению этого показателя для растущей части насаждения. Данные результаты показывают, что процесс естественного изреживания включает в себя также и лидирующие деревья, хотя эта величина и незначительна (см. табл.1, 2, 3, 4 и рис. 1–7).

В составе отпада с возрастом доля деревьев диаметром больше среднего увеличивается. В 40-летнем насаждении 87 % отпада по числу деревьев и 93 % отпада по запасу состоит из деревьев, относящихся к естественным ступеням толщины ниже единицы, а в возрасте 80 лет эти числа соответственно уменьшаются до 56 % и 72 %.

Т а б л и ц а 1

Статистические характеристики распределения отпада по числу деревьев в % по естественным ступеням толщины

Возраст насаждений, лет	$m \pm m_M$	S	$A \pm m_A$	$E \pm m_E$	Критерий значимости		$K(\lambda)$
					t_A	t_E	
40	0,691 ± 0,016	0,156	+0,877 ± 0,241	+0,600 ± 0,478	3,63	1,26	1,1
50	0,727 ± 0,019	0,193	+0,935 ± 0,241	+0,491 ± 0,478	3,88	1,03	1,2
60	0,747 ± 0,019	0,194	+0,917 ± 0,241	+0,736 ± 0,478	3,81	1,54	1,1
70	0,762 ± 0,020	0,199	+1,041 ± 0,241	+1,420 ± 0,478	4,32	2,97	1,1
80	0,794 ± 0,023	0,226	+0,855 ± 0,241	+0,453 ± 0,478	3,55	0,95	1,1

Т а б л и ц а 2

Статистические характеристики распределения отпада по запасу деревьев в % по естественным ступеням толщины

Возраст насаждений, лет	$m \pm m_M$	S	$A \pm m_A$	$E \pm m_E$	Критерий значимости		$K(\lambda)$
					t_A	t_E	
40	0,762 ± 0,016	0,165	+0,360 ± 0,241	-0,441 ± 0,478	1,49	0,92	0,5
50	0,825 ± 0,021	0,210	+0,377 ± 0,241	-0,584 ± 0,478	1,56	1,22	0,7
60	0,848 ± 0,021	0,211	+0,380 ± 0,241	-0,426 ± 0,478	1,58	0,89	0,6
70	0,892 ± 0,020	0,197	+0,340 ± 0,241	-0,166 ± 0,478	1,41	0,35	0,3
80	0,908 ± 0,023	0,230	+0,365 ± 0,241	-0,366 ± 0,478	1,51	0,77	0,5

Примечание: В таблицах приняты следующие обозначения: m – средняя арифметическая; m_M – ошибка средней арифметической; S – среднее квадратическое отклонение; A – показатель асимметрии; m_A – ошибка показателя асимметрии; E – показатель эксцесса; m_E – ошибка показателя эксцесса; $K(\lambda)$ – критерий Колмогорова-Смирнова

Т а б л и ц а 3

Распределение числа живых деревьев и отпада по естественным ступеням толщины

Возраст насаждений, лет	Дере- вья	Естественные ступени толщины													Итого
		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	
40	живые	2,3	5,6	8,2	10,2	11,6	12,2	12,2	11,6	10,3	8,1	5,3	2,4	0,0	100
	отпад	12,9	22,3	26,2	20,7	11,1	4,4	1,6	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100
50	живые	1,1	4,5	7,2	9,4	10,9	11,1	12,0	11,1	10,3	8,9	6,9	5,4	1,2	100
	отпад	11,1	17,4	21,3	20,3	14,6	8,5	3,9	1,8	1,1	0	0	0	0	100
60	живые	1,2	3,4	7,1	12,2	16,7	18,4	16,3	11,7	6,7	4,1	1,2	1	0	100
	отпад	9,8	16	20,6	20,4	15,6	9,4	4,5	1,9	1	0,8	0	0	0	100
70	живые	5	7,3	9,9	12	13,3	13,2	12,1	9,7	7,3	5,1	3,2	1,9	0	100
	отпад	8,9	15	19,6	20,2	16,3	10,3	5,2	2,3	1	0,7	0,5	0	0	100
80	живые	4,1	6,6	10,5	13	14	13,8	13,1	10,5	6,7	4,3	2,3	1,1	0	100
	отпад	8,2	12,8	16,7	18,2	16,4	12,2	7,6	4,1	2	1,1	0,7	0	0	100

Т а б л и ц а 4

Распределение запаса отмерших деревьев в % по естественным ступеням толщины

Возраст насаждений, лет	Естественные ступени толщины												Итого
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5		
40	7,2	15,4	22,9	23,9	17,4	9	3,4	1,1	-	-	-	100	
50	6,2	11,2	16,4	19,4	18,3	14	8,6	4,3	2	-	-	100	
60	5,2	9,7	15,1	18,7	18,6	14,9	9,6	5	2,2	0,9	-	100	
70	2,9	6,9	12,8	18,2	20,3	17,5	11,7	6,1	2,5	0,8	0,3	100	
80	3,8	7,3	11,8	15,7	17,5	16,2	12,5	7,9	4,3	2	0,8	100	

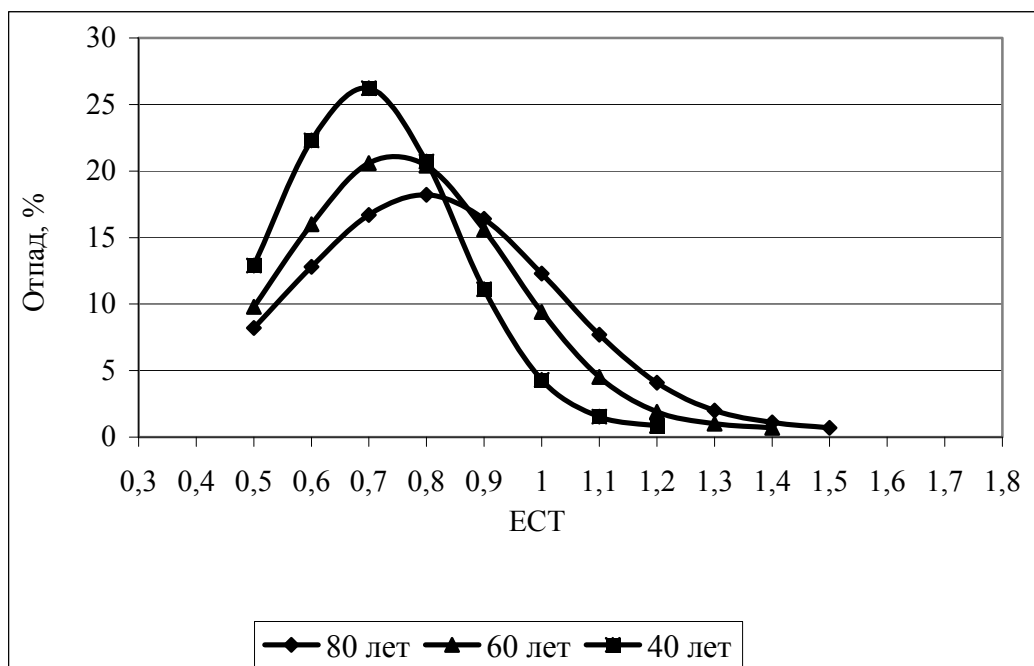


Рис.1. Распределение отпада по числу деревьев в % по естественным ступеням толщины (ЕСТ)

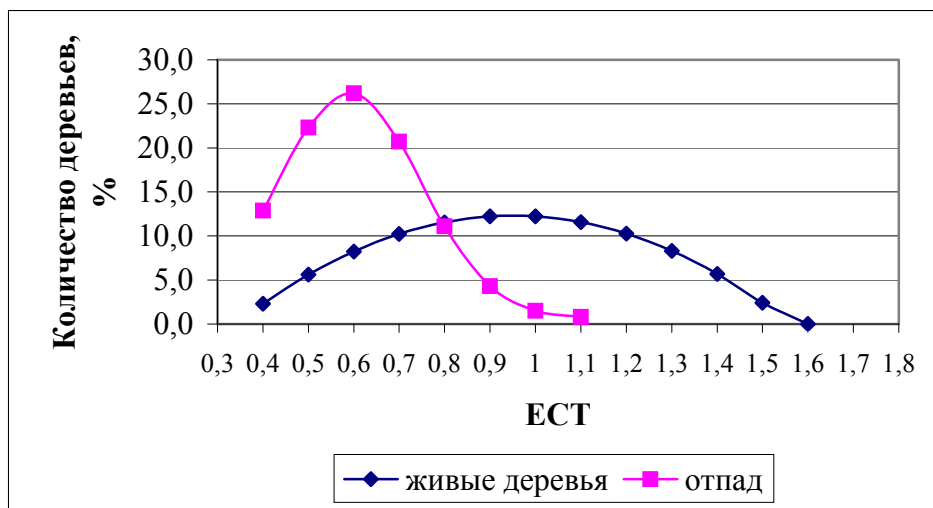


Рис. 2. Распределение живых деревьев и отпада в % по естественным ступеням толщины в возрасте 40 лет

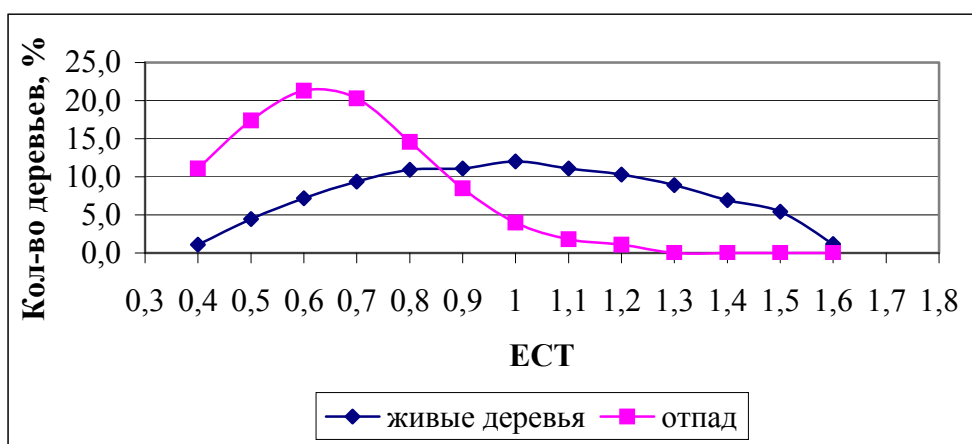


Рис. 3. Распределение живых деревьев и отпада в % по естественным ступеням толщины в возрасте 50 лет

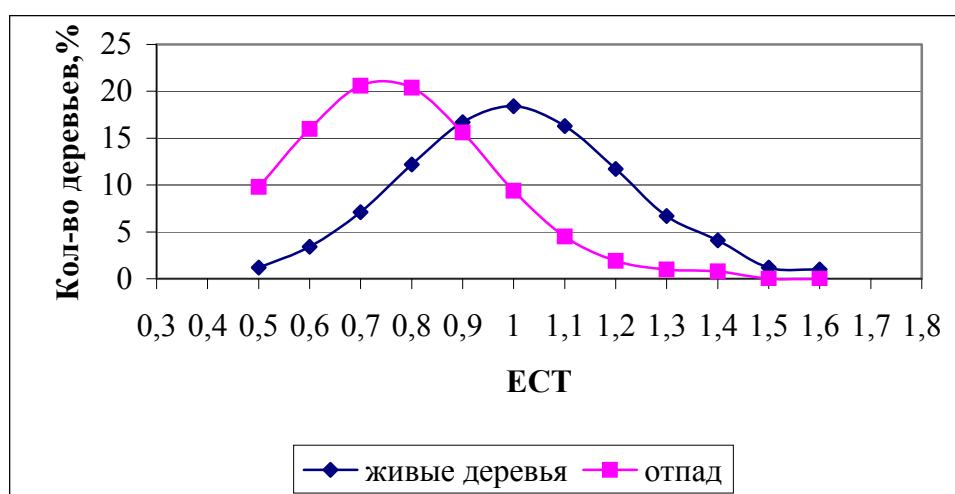


Рис. 4. Распределение живых деревьев и отпада в % по естественным ступеням толщины в возрасте 60 лет

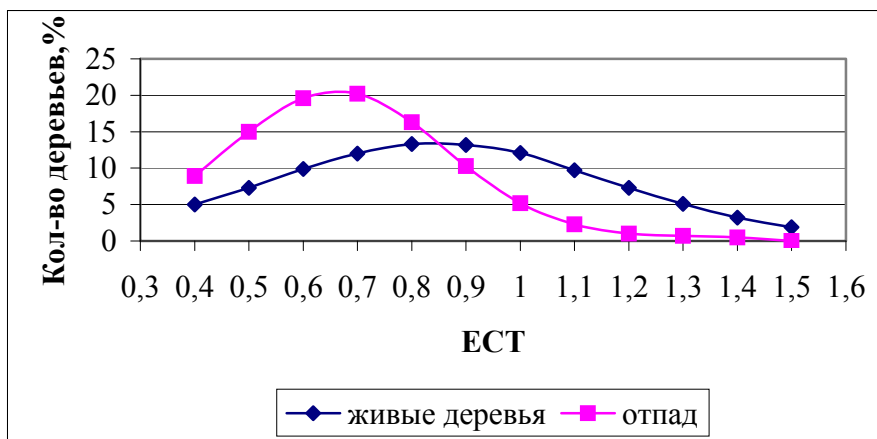


Рис. 5. Распределение живых деревьев и отпада в % по естественным ступеням толщины в возрасте 70 лет

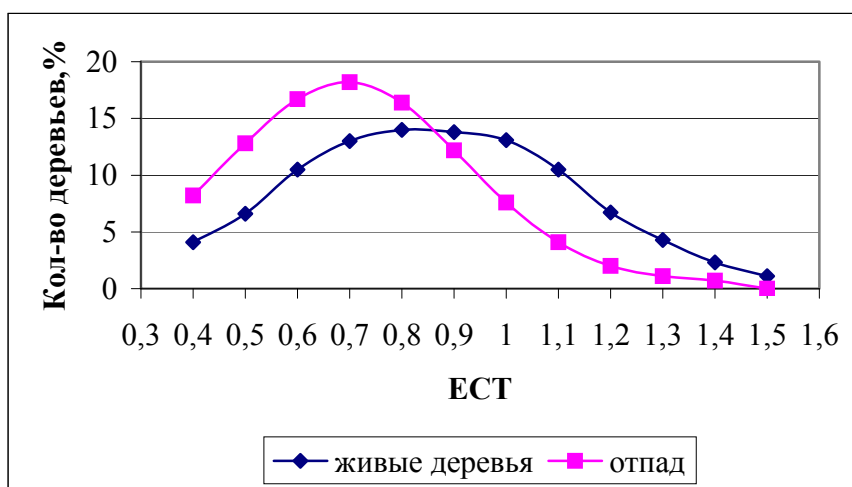


Рис. 6. Распределение живых деревьев и отпада в % по естественным ступеням толщины в возрасте 80 лет

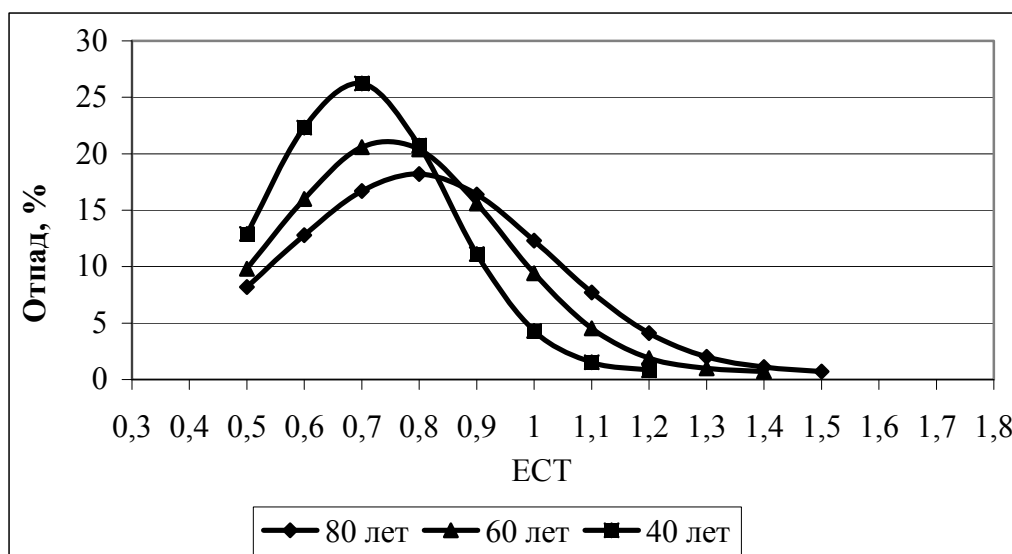


Рис. 7. Распределение отпада по запасу деревьев в % по естественным ступеням толщины

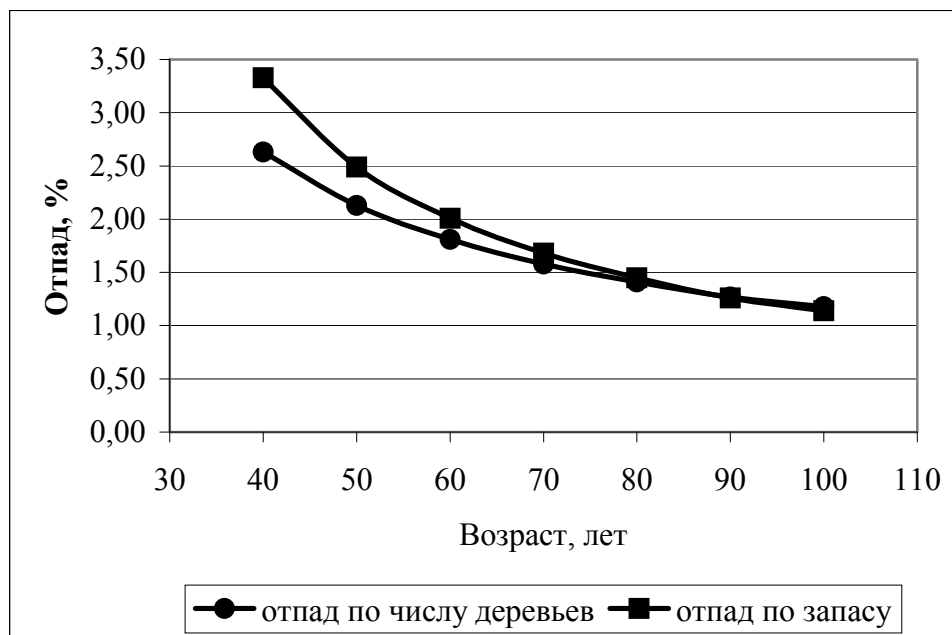


Рис.8. Интенсивность отпада в % с возрастом

Зависимости между процентом отпада по числу деревьев $P_{дер.}$ и отпада по запасу $P_{зап.}$ с возрастом A для насаждения II бонитета выражаются следующими уравнениями:

$$P_{дер.} = 0,1983 + 96,94746 / A$$

$$(R^2 = 0,999; S_{y/x} = 0,008;$$

$$F = 24915,799, \text{Signif. } F = 0,0000).$$

$$P_{зап.} = -0,3674 + 145,4119 / A$$

$$(R^2 = 0,997; S_{y/x} = 0,05;$$

$$F = 1459,07, \text{Signif. } F = 0,0000)$$

Зона аппроксимации уравнений:
 $40 < A < 80$

Полученные данные показывают, что с возрастом интенсивность естественного изреживания по числу деревьев, а также по запасу постоянно падает и характеризуется гиперболой (рис. 8).

Отпад деревьев является одним из основных последствий их борьбы за существование. Исследование процесса естественного изреживания имеет большое значение для рационального ведения лесного хозяйства, в том числе для проектирования рубок ухода. Естественный отпад представляет собой потенциальный объект, на который должно быть направлено промежуточное лесопользование. Для успешного планирования промежуточного лесопользования необходимо научно обосновать, какие деревья следует выбирать во время рубки. Полученные результаты могут

служить ориентиром для отбора деревьев при проведении выборочного хозяйства в еловых древостоях Московской области в объемах, не снижающих главного пользования лесом и вместе с тем использующих потенциальный древесный отпад.

Список литературы

1. Анучин Е. П. Проблемы лесопользования. – М.: Лесн. пром-сть, 1986. – 264 с.
2. Атрохин В.Г., Кузнецов Г.В. Лесоводство. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 399 с.
3. Вагин В.А. Моделирование роста еловых древостоев и проектирование проходных рубок: Дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 1993. – 200 с.
4. ГОСТ 18486-87 Лесоводство. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 16 с.
5. Загреев В.В., Сеницын С.Г. Древесный отпад: величина, товарная структура, использование // Лесн. хоз-во. – 1988. – №11. – С. 33–37.
6. Зайцев Г.Е. Математика в экспериментальной ботанике. – М.: Наука, 1990. – 294 с.
7. Лагунов П.М., Гусев Е.Н. Динамика лесов Подмосковья // Лесн. хоз-во. – 1990. – № 8. – С. 51–54.
8. Скворцова Е.Б., Уланова Е.Г., Басевич В.Ф. Экологическая роль ветровалов. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 192 с.
9. Сеннов С.Е. Уход за лесом (экологические основы). – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 128 с.
10. Таблицы древесного отпада насаждений основных лесобразующих пород СССР. – М.: Лесн. пром-сть, 1973. – С. 112, 372.
11. Тарашкевич А. И. Процесс перегруппировки стволов // Лесное хоз-во и лесозащита, 1963. – № 1. – С. 40–43; № 2. – С. 47–49.

ПЛОТНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ СЕВЕРО-ДВИНСКОГО БАССЕЙНА В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Р.В. ЩЕКАЛЕВ, науч. сотр. Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН,

С.Н. ТАРХАНОВ, зав. лабораторией Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН, канд. с.-х. наук

Для решения проблем, связанных с производством и переработкой древесины, необходимы точные данные о ее свойствах. К числу основных качественных характеристик древесины относится ее плотность. Важнейшим достоинством плотности как показателя качества древесины является ее универсальность. Плотность дает весовую характеристику древесины, которая сама по себе уже является фактором качества древесных материалов. На основе плотности можно рассчитать содержание сухого вещества в древесном сырье и, в частности, определить весовую продуктивность древостоев, которая является более важным показателем, чем объемная производительность. С помощью показателей плотности древесины можно дать объективную оценку эффективности лесохозяйственных мероприятий, влияния экологических факторов на производительность насаждений [17].

Материалы и методы исследований

Исследования выполнены в период с 1999 по 2002 гг. вблизи Архангельской про-

мышленной агломерации, Приморского, Холмогорского, Плесецкого и Пинежского районов (северная подзона тайги), в окрестностях Котласского промышленного узла, Котласского, Красноборского и Вилегодского районов (средняя подзона тайги) Архангельской области; поблизости от Сыктывкарского промышленного узла, Княжпогостского, Сыктывдинского, Корткеросского районов (средняя подзона тайги) Республики Коми. В хвойных насаждениях заложено 87 пробных площадей (ПП). Краткая характеристика ПП приведена в табл. 1.

Закладка пробных площадей осуществлялась в соответствии с принятыми в лесоустроительной практике стандартами [4, 16] в наиболее типичных условиях произрастания. На пробных площадях у 15 % от общего количества распределенных по ступеням толщины деревьев сосны на высоте 1,3 м в направлении С.-Ю. возрастным буровом отбирались керны. Одновременно с этим измерялись диаметр ствола и высота дерева, протяженность и диаметр кроны.

Т а б л и ц а 1

Представленность опытных участков в районе исследований

Тип леса	Кол-во ПП	Расстояние от источника эмиссий, км	Класс бонитета	Полнота древостоя	Класс возраста
Сосняк черничный свежий	26	2–170	III–IV	0,70–0,85	IV–V
Сосняк черничный влажный	20	3–150	IV–V	0,60–0,80	IV–V
Сосняк кустарничково-сфагновый	41	1–150	V–V6	0,40–0,60	IV–VI

На основании полученных кривых распределения из общей совокупности по каждому типу леса выделяли формы с различной шириной кроны: 1 – с узкой кроной; 2 – со средней кроной; 3 – с широкой кроной. Узкокронные деревья объединены в интервале M (среднее значение) – $\frac{1}{2}\sigma$ (среднее квадратическое отклонение) и меньше, ширококронные, соответственно – $M + \frac{1}{2}\sigma$ и выше.

Модельные деревья отбирали в сосняках сфагнового и черничного типа леса за пределами ПП. Их выбирали путем предварительного обмера высот и диаметров из числа деловых стволов, близких к среднему дереву. Диаметр выбранных деревьев не должен отличаться от вычисленного среднего диаметра элемента леса более, чем на $\frac{1}{2}$ принятой при перечете градации ступени толщины, а высота не должна отклоняться от высоты, найденной по графику для данной ступени, более чем на 5 %.

В лабораторных условиях для каждого отобранного керна древесины (60 шт. с каждой ПП) определяли величину радиального прироста и ширину зоны поздних трахеид (по всей длине керна). Измерения проводили с помощью окуляр – микрометра под микроскопом, с точностью до 0,01 мм, отвечающей требованиям ГОСТ [6]. Процентное содержание поздней древесины определяли с точностью до 0,1 %. Образцы для определения плотности древесины отбирались как по радиусу (ядро, средняя часть, периферия), так и вдоль ствола дерева (на относительных высотах) [8]. Условную (базисную) плотность ($\rho_{\text{усл.}}$) древесины определяли по спо-

субу максимальной влажности образцов древесины, имеющих сравнительно небольшой объем [5, 8, 11, 17].

Все материалы исследований обработаны статистически с применением корреляционного, регрессионного и многофакторного (по методу греко-латинского квадрата) анализов, а также применен метод непараметрического сравнения выборок при помощи критерия χ^2 (предложенного Пирсоном). Выводы расчетов в большинстве достоверны при 5 %-м уровне значимости [1, 9, 19]. Для сравнения одноименных показателей использовали критерии t – Стьюдента [7, 10]. Вычисления осуществляли с использованием программ Excel 2000, Statgraphics Plus for Windows 2.1. Оценку уровней внутривидовой изменчивости макроструктурных показателей и плотности древесины сосны проводили с использованием шкалы, составленной С.А. Мамаевым [13, 15].

Результаты и обсуждение

Связь плотности древесины со структурой годичного кольца

Установлено, что в хвойных древостоях вблизи Архангельской агломерации (Архангельск) сосна обыкновенная формирует более плотную древесину по сравнению с другими географическими районами (табл. 2). Сопоставление образцов древесины, отобранных в районах Котласа и Сыктывкара, не выявило статистически достоверных различий ($t_{\text{факт.}}$ составляет 0,44 и 1,46 в сосняках черничных свежих и кустарничково-сфагновых, соответственно).

Т а б л и ц а 2

Условная плотность древесины сосны в различных географических районах

Условная плотность древесины	Район исследований		
	Архангельск	Котлас	Сыктывкар
$M \pm m$, кг м ⁻³	526 ± 12	485 ± 8	463 ± 13
	477 ± 10	437 ± 6	442 ± 10
C , %	$12,3$	$7,5$	$11,7$
	$8,3$	$5,6$	$8,9$

Примечание. В числителе – сосняк кустарничково-сфагновый, в знаменателе – сосняк черничный свежий. M – среднее арифметическое значение, m – ошибка среднего значения, C – коэффициент вариации. Уровень надежности отношения коэффициента корреляции к его ошибке равняется 4 [11]

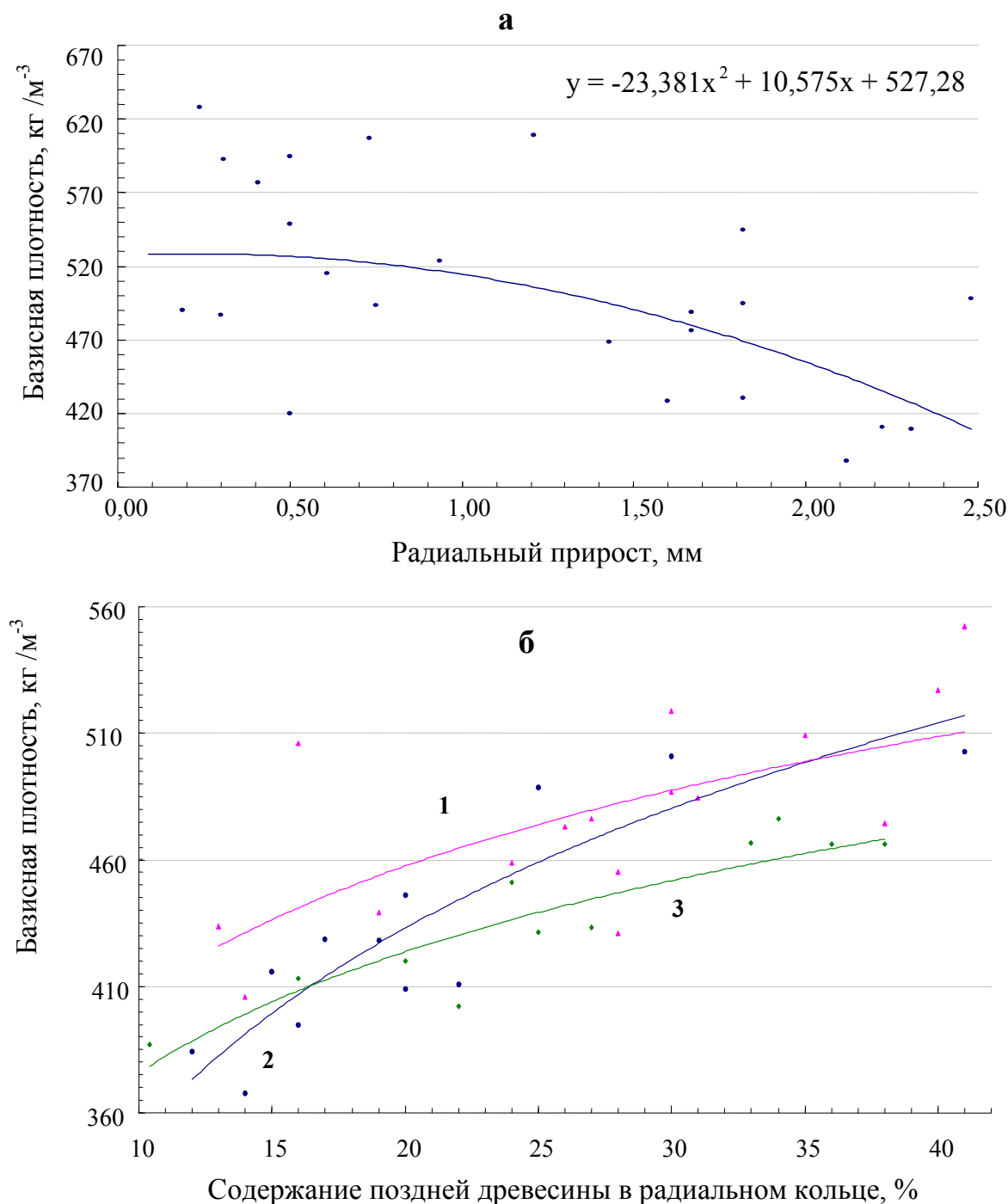


Рис. 1. Зависимость плотности древесины сосны от радиального прироста в сосняках кустарничково – сфагновых в районе Архангельска (а) и содержания поздних трахеид в сосняках черничных свежих: 1 – район Архангельска; 2 – Сыктывкара; 3 – Котласа (б)

В исследуемых насаждениях отмечен низкий уровень экологической изменчивости плотности древесины (табл. 2), что согласуется с ранее опубликованными работами [12, 18]. В сосняках кустарничково-сфагновых по сравнению с черничными отмечено некото-

рое превышение (на 2–4 %) коэффициента вариации плотности древесины. В сосняках черничных свежих различных районов этот показатель составил 6–9 %.

В сосняках черничных свежих IV–V класса возраста в условиях средней тайги вы-

явлена более тесная корреляция между условной плотностью и содержанием поздней древесины в годичном кольце (Сыктывкар – $r = 0,820 \pm 0,037$, Котлас – $r = 0,865 \pm 0,033$), чем в северной тайге (Архангельск – $r = 0,707 \pm 0,060$). Для древостоев в районе Сыктывкарского промузла отмечена более тесная зависимость плотности древесины с величиной радиального прироста ($r = -0,471 \pm 0,093$), по сравнению с древостоями, произрастающими в окрестностях Архангельской агломерации ($r = -0,435 \pm 0,085$). Для сосняков, расположенных в районе Котласского промузла, отмечена лишь тенденция ($r = -0,373 \pm 0,096$) снижения плотности древесины с увеличением ширины годичного кольца.

Динамика базисной плотности древесины в зависимости от величины радиального прироста (ширины годичного кольца) для сосняков кустарничково-сфагновых в районе Архангельской агломерации приведена на рис. 1а. По кривой динамики плотности древесины можно выделить два отрезка: первый характеризуется относительно устойчивой величиной плотности при снижении радиального прироста до 0,7 мм; второй имеет диапазон с величиной ширины годичного кольца до 2,5 мм, характеризующийся снижением плотности древесины с большим градиентом.

Анализ зависимости плотности древесины от содержания поздних трахеид в годичном кольце в сосняках черничных свежих представлен по районам исследований на рис. 1б. Установлено повышение плотности древесины с увеличением доли поздних трахеид по всем районам. Увеличение плотности при повышении содержания поздней древесины в годичном кольце для насаждений Сыктывкара происходит с большим градиентом, чем в древостоях, произрастающих в районе Архангельска и Котласа.

Для сосняков кустарничково-сфагновых в районе Архангельска парный коэффициент корреляции (r) плотности древесины и доли поздних трахеид равняется 0,819, черничного влажного – $r = 0,749$ и черничного свежего – $r = 0,707$. С ухудшением условий произрастания (на избыточно

увлажненных почвах) сосна формирует более плотную древесину (см. табл. 2). Различия значимо при сопоставлении сосняков кустарничково-сфагновых и черничных свежих ($t_{факт.}$ составляет 2,57, что превышает стандартный показатель при 5 %-м уровне значимости ($t_{0,05} = 2,00$). Расчет критерия Пирсона выявил достоверность расхождения между распределениями плотности древесины сосняков кустарничково-сфагнового и черничного свежего ($\chi^2 = 10,16$), а также – кустарничково-сфагнового и черничного влажного ($\chi^2 = 9,53$). Различия между сосняками черничным свежим и влажным недостоверно, так как $\chi^2 = 8,75$ и не превышает критического значения ($\chi^2_{0,95} = 9,49$).

Изменчивость плотности древесины в поперечном и продольном направлении ствола

Отмечено достоверное увеличение плотности древесины в сосняках кустарничково-сфагновых района Архангельска. Оно наблюдалось по мере удаления от сердцевинны к коре в комлевой и средней (относительные высоты от 0,4 до 0,5) части ствола (рис. 2а). Значение t_{st} при сопоставлении значений плотности древесины образцов, отобранных из сердцевинной части и прикамбиальной зоны (удаленность от сердцевинны к коре – 80% радиуса ствола) превышает 2,87 (при стандартных значениях критерия Стьюдента: $t_{0,05} = 2,02$; $t_{0,01} = 2,75$; $t_{0,05} = 3,60$), что согласуется с ранее опубликованными работами [14, 17]. Коэффициент корреляции плотности древесины с расстоянием в поперечном направлении – от сердцевинны к коре в средней части ствола составляет – $r = 0,489 \pm 0,085$ и в комлевой – $r = 0,421 \pm 0,091$. При этом более резкое изменение плотности отмечается в комлевой части дерева. В средней части дерева наблюдается более сглаженный характер динамики плотности древесины, что объясняется близостью кроны (рис. 2-а).

Плотность древесины сердцевинны и прикамбиальной зоны на высоте 1,3 м в сосняках кустарничково-сфагновых и черничных свежих у деревьев с широкой кроной

ниже, чем у деревьев узкокронной формы (рис. 2-б). Наиболее резкие изменения плотности сосны в околосердцевинной древесине наблюдаются у ширококронной формы. Вне этой зоны большим градиентом изменения

характеризуется древесина деревьев с узкой кроной. При этом наблюдается незначительное снижение плотности древесины в прикамбиальной зоне у деревьев с широкой кроной в сосняках черничных свежих.

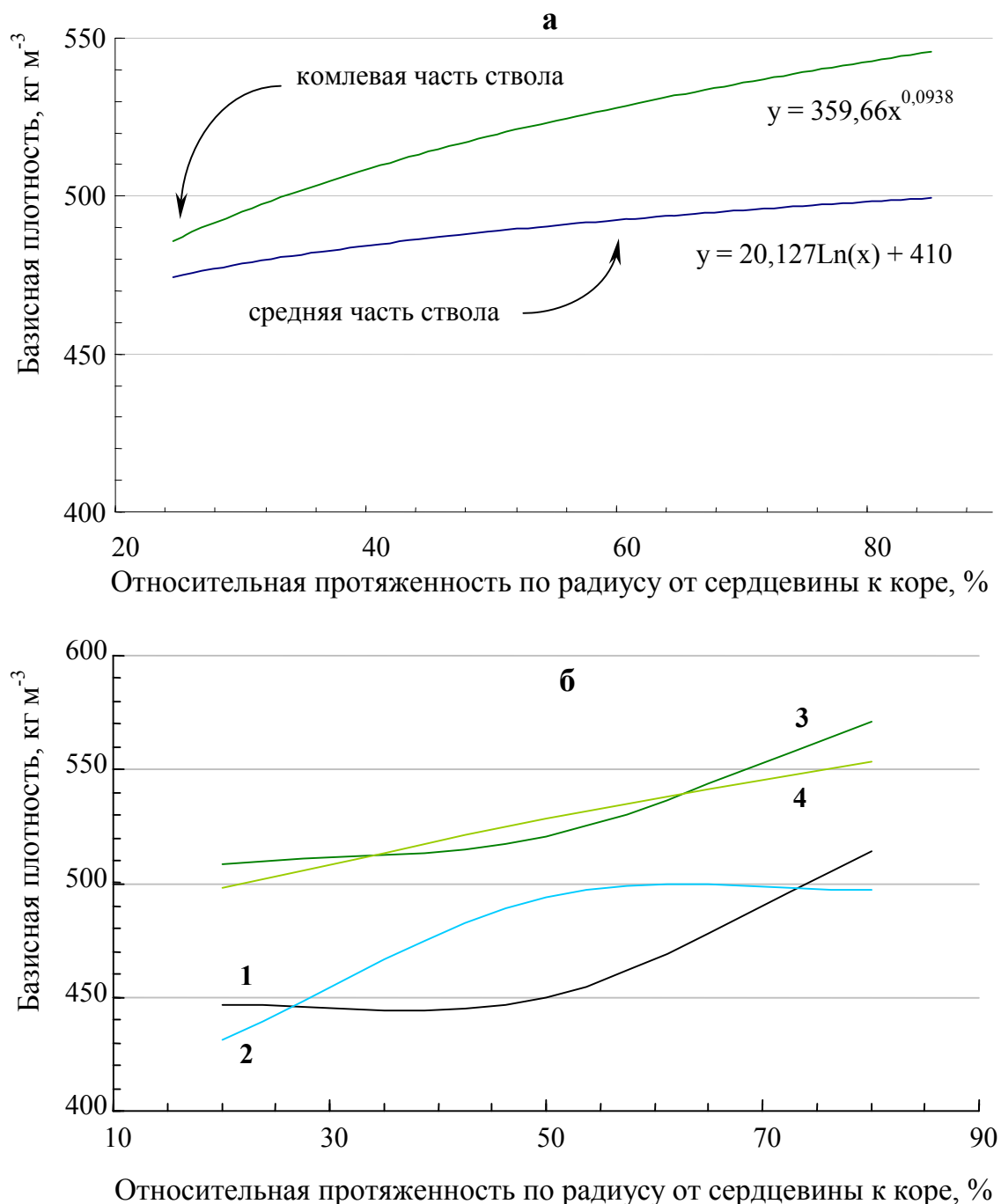


Рис. 2. Изменчивость плотности древесины ствола в поперечном направлении в сосняках кустарничково-сфагновых в районе Архангельска: в комлевой и средней части (а) и у деревьев с различной шириной кроны (б): 1 – *сосняк* черничный свежий, деревья с узкой кроной; 2 – *сосняк* черничный свежий, деревья с широкой кроной; 3 – *сосняк* кустарничково-сфагновый, деревья с узкой кроной; 4 – *сосняк* кустарничково-сфагновый, деревья с широкой кроной

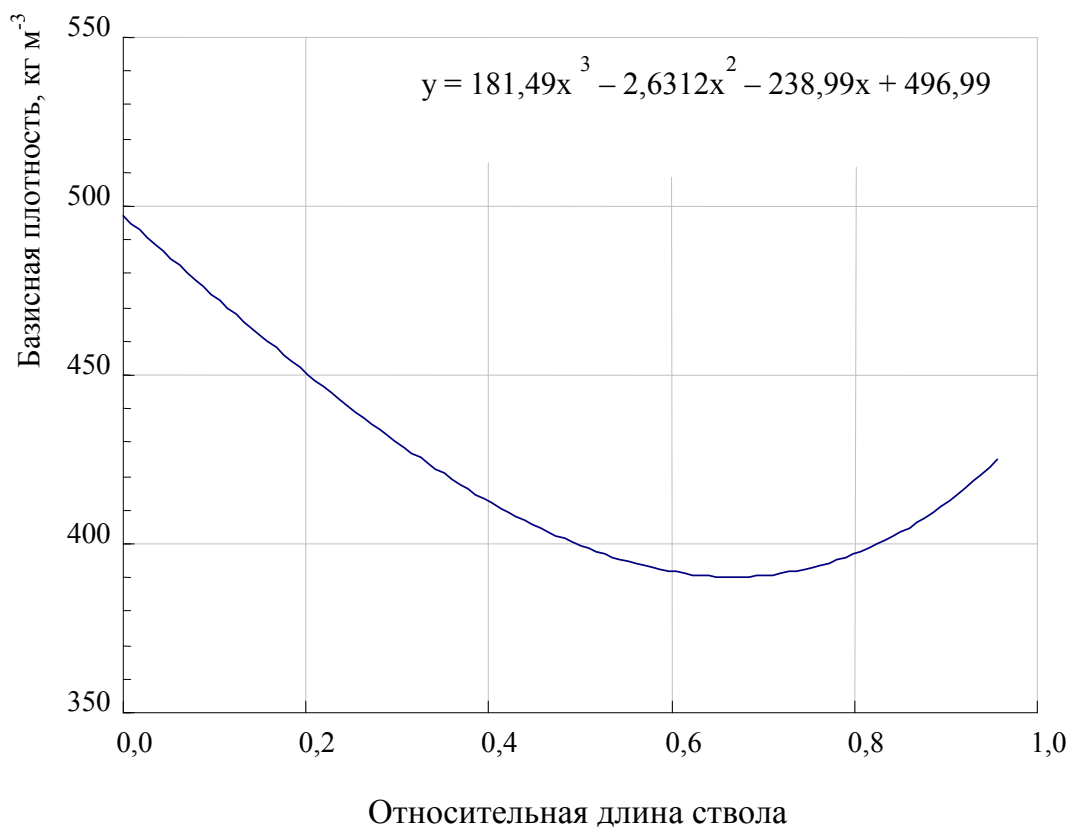


Рис. 3. Распределение плотности древесины в продольном направлении ствола в сосняках черничных свежих

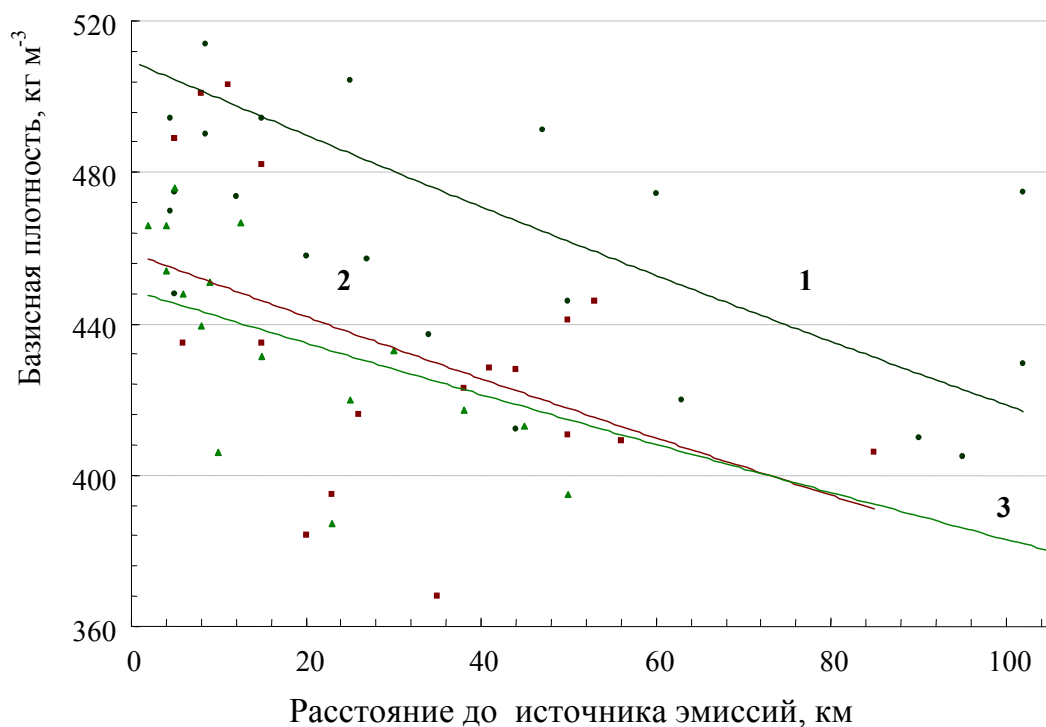


Рис. 4. Изменчивость плотности древесины сосны на различном расстоянии от «высоких» источников эмиссий (ТЭЦ, ЦБК): 1 – район Архангельской агломерации; 2 – район Сыктывкарского промузла; 3 – район Котласского промузла

В сосняках черничных свежих районов Архангельска и Сыктывкара в продольном направлении ствола наблюдается уменьшение плотности древесины при движении от комля к вершине (рис. 3). Снижение плотности древесины особенно выражено между комлем и серединой высоты дерева. Теснота связи плотности древесины и высоты отбора образцов значительна ($r = -0,741 \pm 0,045$). При достижении высоты живой кроны плотность древесины стабилизируется и несколько увеличивается к верхушке, что, по-видимому, необходимо для придания необходимой прочности верхней части ствола. Аналогичные результаты были опубликованы в работе Федорова Р.Б. [20] для сосняков черничного типа севера Карелии. Для южных районов Карелии отмечалось резкое падение плотности древесины без увеличения в вершинной части [20]. По данным наших материалов, характер изменчивости плотности древесины в продольном направлении ствола аналогичен для всех исследованных районов.

Влияние различных факторов на плотность древесины сосны

Для всех районов характерно увеличение плотности древесины сосны с приближением к так называемым «высоким» источникам интенсивных выбросов (ТЭЦ, ЦБК) (рис. 4). Коэффициент корреляции этих показателей составил: для насаждений в окрестностях Архангельской агломерации $r = -0,672 \pm 0,089$, Котласского промузла – $r = -0,641 \pm 0,132$, Сыктывкарского промузла – $r = -0,521 \pm 0,163$. Максимальное увеличение плотности древесины отмечено в насаждениях, произрастающих в непосредственной близости от Архангельской агломерации – 37,5 %.

Результаты многофакторного анализа позволяют с довольно большой достоверностью ($t_{факт.} > t_{01}$) говорить о значимом влиянии на условную плотность древесины сосны в окрестностях Архангельска доли поздних трахеид в радиальном приросте и удаленности насаждений от ТЭЦ, ЦБК. При этом группа факторов включала содержание поздней древесины, величину радиального

прироста, высоту и диаметр ствола, индивидуальный возраст дерева, расстояние до «высокого» источника эмиссий. Достоверность влияния высоты дерева и величины радиального прироста превышает $t_{табл.}$ на 5 %-м уровне значимости.

Отбор образцов древесины у фаутных деревьев показал снижение их плотности по сравнению с здоровыми. Так, плотность древесины фаутных деревьев в сосняках кустарничково-сфагновых вблизи Архангельской агломерации снизилась в среднем до 394 ± 23 кг м⁻³ в зависимости от стадии ее разрушения. Для сосняков черничных свежих, произрастающих в районе Сыктывкара, плотность древесины фаутных деревьев снизилась до 382 ± 27 кг м⁻³. На отдельных образцах наряду с гнилью древесины отмечено ее просмоление, в результате чего плотность отдельных «гнилых» образцов повышается. Подобные изменения были описаны и ранее [2].

У деревьев с низкоопущенной кроной и плохоочищенной от сучьев средней частью ствола отмечено повышение плотности древесины. Значение условной плотности околосучковой древесины достигает величины 720 ± 29 кг м⁻³.

Таким образом, на характер динамики плотности древесины сосны бассейна р. Северной Двины существенное влияние оказывают географическое положение и естественные условия произрастания насаждений, градиент атмосферного загрязнения, макроструктура годовых колец, а также показатели состояния и роста ствола и кроны. Данные факторы необходимо учитывать при проведении лесохозяйственных мероприятий, направленных на повышение качества древесины выращиваемых насаждений.

Список литературы

1. Битвинскас Т.Т. Дендроклиматические исследования. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 172 с.
2. Вакин А.Т., Полубояринов О.И., Соловьев В.А. Альбом пороков древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1969. – 164 с.
3. Измерение массы, объема и плотности / С.И. Гаузнер, С.С. Кивилис, А.П. Осокина, А.Н. Павловский. – М.: Изд-во стандартов, 1972. – 624 с.

4. ГОСТ 16128 – 70 Пробные площади лесостроительные. – М.: Изд-во стандартов, 1970. – 23 с.
5. ГОСТ 16483.1 – 84 Древесина. Метод определения плотности. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – С. 19–24.
6. ГОСТ 16483.18 – 72. Древесина. Метод определения числа годичных слоев в 1 см и содержания поздней древесины в годичном слое. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – С. 110–114.
7. Дворецкий М.Л. Практическое пособие по вариационной статистике. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 102 с.
8. Древесина. Показатели физико-механических свойств. Руководящие технические материалы. – М.: Стандартгиз, 1962. – 48 с.
9. Дьячков А.Н. Математическая статистика в применении к лесному делу. – Архангельск, 1951. – 175 с.
10. Ефимова М.Р. Статистика: Учебное пособие. – М.: ИНФРА, 2000. – 336 с.
11. Леонтьев Н.Л. Техника испытаний древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1970. – 160 с.
12. Львов П.Н. Географическая выраженность количественных и качественных показателей древостоев на Европейском Севере // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение. – Л.: ЛТА, 1980. – Вып. 9. – С. 19–23.
13. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. – М.: Наука, 1972. – 282 с.
14. Матюшкина. А.П. и др. Характеристика древесины сосны обыкновенной в зависимости от интенсивности роста / З.А. Коржицкая, В.А. Козлов, М.И. Агеева, Н.А. Васильева, Л.В. Голубева // Лесные растительные ресурсы Карелии. – Петрозаводск, 1974. – С. 120–132.
15. Методика изучения внутривидовой изменчивости древесных пород. – М.: ЦБНТИлесхоз, 1973. – 31 с.
16. ОСТ 56 – 69 – 83. Площади пробные лесостроительные. Метод закладки. Центральное бюро НТИ Гослесхоза СССР. – 1983. – 14 с.
17. Полубояринов О.И. Плотность древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 159 с.
18. Полубояринов О.И., Федоров Р.Б. Изменчивость плотности древесины сосны и ели в европейской части СССР // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение. – Л.: ЛТА, 1982. – Вып. 11. – С. 128 – 133.
19. Тюрин А.В. Основы вариационной статистики в применении к лесоводству. – М.; Л.: Гослесбумиздат, 1961. – 103 с.
20. Федоров Р.Б. Зональная изменчивость плотности древесины сосняков черничного типа леса в Карельской АССР // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение. – Л.: ЛТА, 1981. – Вып 10. – С. 129 – 135.

ЭКОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ НЕКОТОРЫХ МЕТАЛЛОВ НА РАСТЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО – *POPULUS BALSAMIFERA* L.)

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

Среди выбросов промышленных предприятий значительную долю составляют металлы. В отдельных регионах количество металлов может достигать 80–90 % от общего объема выбросов предприятия. Следует также отметить факт разрозненности и фрагментарности сведений об экофизиологических аспектах действия отдельных металлов на древесные растения, что во многом затрудняет понимание механизмов устойчивости и оценки адаптивного потенциала растений с учетом экологической видоспецифичности [2, 4, 11, 16].

Особенности техногенной среды промышленных центров обуславливают не-

однородное многокомпонентное загрязнение. Растения приспосабливаются к действию сложного комплекса загрязнителей. При этом токсичность отдельных компонентов, входящих в состав выбросов, может значительно изменяться вследствие эффектов аддитивности и антагонизма. Изучение действия сложных многокомпонентных смесей поллютантов требует проведения сложных в техническом и методическом планах исследований. Первым этапом на пути познания влияния сложных комплексов загрязнителей является этап изучения действия отдельных элементов и химических соединений на растительные организмы. Кроме того, общеиз-

вестным является тот факт, что устойчивость и адаптивный потенциал растения определяется его способностью регулировать энергетический баланс в зависимости от условий произрастания. Дыхание и фотосинтез являются основополагающими, жизненно важными физиологическими процессами, деятельность которых обеспечивает поддержание баланса между синтезом и распадом веществ в растительном организме [3, 6, 7, 14, 21].

Таким образом, целью настоящего исследования стало изучение изменений дыхания листьев и содержания пигментов фотосинтеза в листьях тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) в условиях хронического загрязнения окружающей среды ионами некоторых металлов.

В качестве объекта исследований был выбран тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.). В середине 20 века данный вид широко использовался для создания санитарно-защитных насаждений в крупных промышленных центрах, а также вдоль автодорог. Быстрый рост, декоративность, высокая засухо- и морозоустойчивость, малотребовательность к плодородию почвы, способность переносить длительные подтопления послужили в свое время основой для повсеместного высаживания тополей [10, 17]. Однако сегодня насаждения вступают в критический возраст (50–60 лет) и необходимо принять решение о целесообразности их дальнейшего использования в «зеленом строительстве».

Исследования проводили в вегетационных сосудах с водными растворами, содержащими избыточное количество ацетатов металлов. В эти сосуды помещали древесные черенки тополя, которые заготавливали в монокультуре тополя, произрастающей вдали от автодорог и промышленных предприятий. Черенки (длина черенков $25 \pm 0,5$ см, диаметр $4,5 \pm 1$ мм, количество живых почек 7–8 шт., пол деревьев не определялся) отбирали из средней части кроны с 20 деревьев, произрастающих в глубине посадки [9].

Схема эксперимента была следующей: черенки в течение 30 суток выращивали в вегетационных сосудах с водными растворами солей различных металлов: 1 %-ми растворами ацетатов K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Ba^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} и 0,2 %-ми растворами ацетатов Cu^{2+} и Pb^{2+} . Следует отметить, что вышеуказанные концентрации являются для многих древесно-кустарниковых растений сублетальными, а различия в концентрациях солей обусловлены неодинаковой фитотоксичностью металлов. Например, по сравнению с другими металлами медь и свинец являются более токсичными по отношению к растениям [5, 13, 18, 19]. При этом ацетат-ионы являются наименее токсичными для растений по сравнению с другими анионами [9, 12, 20] и не оказывают значительного влияния на развитие растений. Таким образом, токсический эффект, наблюдаемый при действии солей металлов на растения, определяется в большей степени ионом металла. Каждой из солей было обработано по 200 растений. В качестве контрольных были использованы растения, выращенные в дистиллированной воде.

По прошествии 30 суток исследовали дыхание листьев тополя бальзамического и содержание в них пигментов. Определение дыхания листьев проводили манометрическим методом с использованием аппарата Варбурга (WARBURG-APPARAT VEB GLASWERKE STUTZEBACH, Germany). Для количественного определения пигментов фотосинтеза был использован метод Wintermans, De Mots. Определение проводили с помощью спектрофотометра Specol 21 (Poland) [1].

Статистическую обработку полученных данных [15] проводили методом дисперсионного анализа с использованием программного пакета Microsoft Excel 2000. На рисунках представлены средние арифметические значения и ошибка средней.

Основные результаты исследований представлены на рисунках 1, 2 и 3.

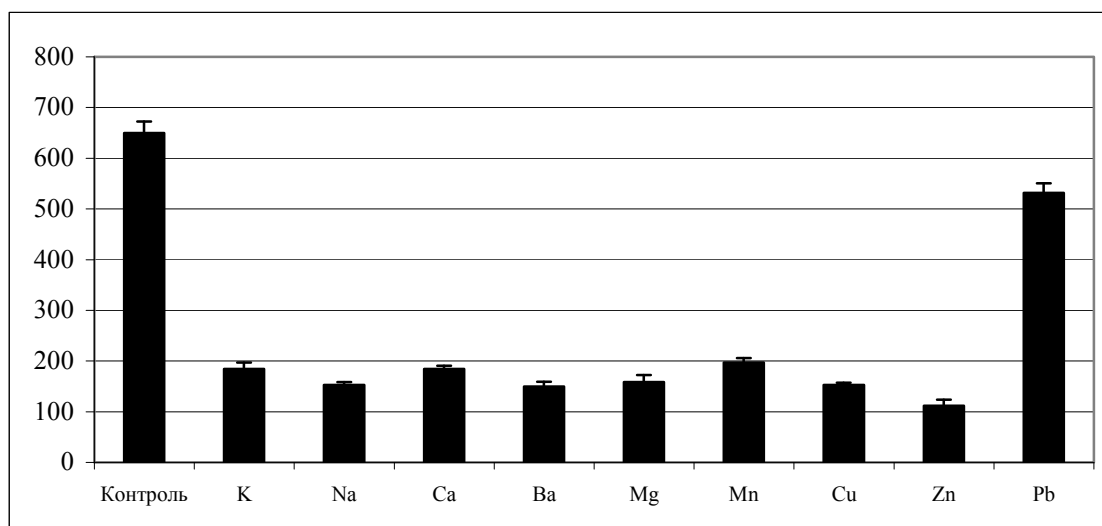


Рис. 1. Изменения дыхания (мкл O₂/г сырой массы · ч) листьев тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) в условиях выращивания растений в водных растворах ацетатов металлов

В результате изучения дыхания листьев тополя бальзамического установлено, что максимальное значение исследуемого параметра наблюдается у листьев контрольных растений – 649,7±22,5 мкл O₂/г сырой массы · ч, минимальное – при воздействии на растения Zn – 111,9±11,8 мкл O₂/г сырой массы · ч. Приближается к контрольному значению показатель дыхания листьев при воздействии на растения Pb – 531,9±18,4 мкл O₂/г сырой массы · ч. Значения дыхания листьев при воздействии ацетатов других металлов не превышает 200 мкл O₂/г сырой массы · ч. (рис. 1). Таким образом установлено, что большинство солей металлов действует на дыхание листьев растений тополя бальзамического угнетающе.

При воздействии на растения солей металлов в листьях тополя бальзамического изменяется содержание пигментов. На рис. 2 и 3 показаны изменения содержания пигментов в листьях тополя бальзамического, выращенного в условиях загрязнения среды солями различных металлов.

Наибольшее содержание хлорофилла А отмечается в листьях растений, выращенных в условиях засоления среды Na. Оно составляет 0,5369±0,0021 мг/г сырой массы, наименьшее – при засолении среды Ca – 0,0141±0,0034 мг/г сырой массы. В листьях контрольных растений содержание хлорофилла А – 0,4726±0,0041 мг/г сырой массы.

Максимальное содержание хлорофилла В (мг/г сырой массы) отмечено в листьях растений тополя бальзамического, выращенного при избыточном содержании Ba в среде – 0,6528±0,0102, минимальное – при засолении среды Ca – 0,0117±0,0054, контроль – 0,2879±0,0042. Содержание каротиноидов (мг/г сырой массы) изменяется в пределах – от 0,039±0,0013 при засолении среды Mg до 0,2082±0,0139 при избытке Zn в среде. Контрольное значение – 0,1726±0,0009 мг/г сырой массы.

Следует отметить тот факт, что при снижении содержания хлорофилла А в листьях растений, выращенных в условиях избыточного содержания K, Ba, Mg и Mn, происходит частичная его компенсация за счет увеличения содержания хлорофилла В. При выращивании черенков тополей на Zn в листьях отмечается резкое снижение содержания хлорофиллов, но повышенное (по сравнению с контролем) содержание каротиноидов, что, вероятно, частично компенсирует снижение содержания хлорофиллов.

Среднее суммарное содержание пигментов в листьях тополя бальзамического характеризуется следующим образом: максимальное количество пигментов (мг/г сырой массы) содержится в листьях контрольных растений – 0,9331, минимальное – в листьях растений, выращенных при избыточном содержании Ca²⁺ в растворе – 0,1806.

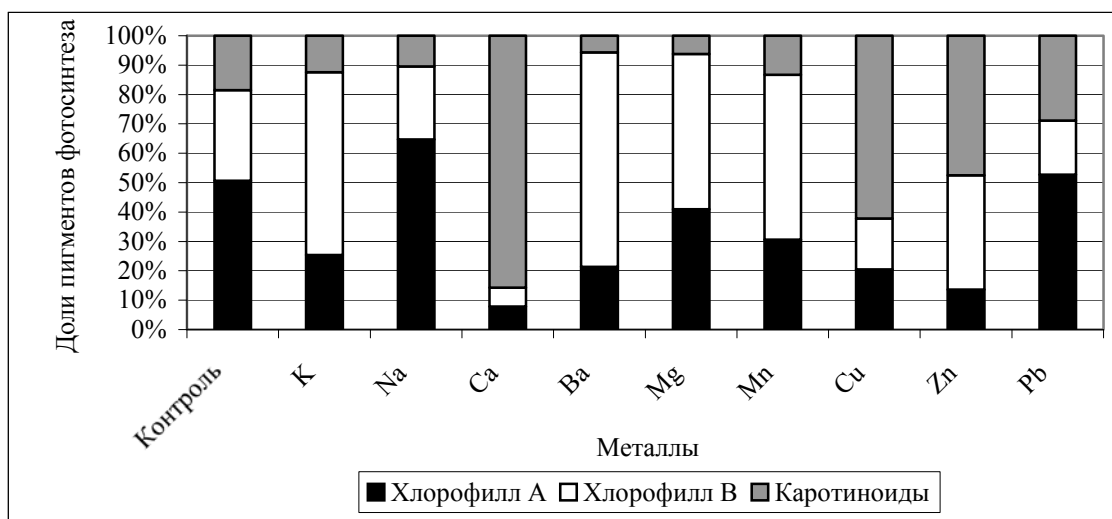


Рис. 2. Изменения содержания доли отдельных пигментов фотосинтеза (%) в листьях тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) в условиях выращивания растений в водных растворах ацетатов металлов

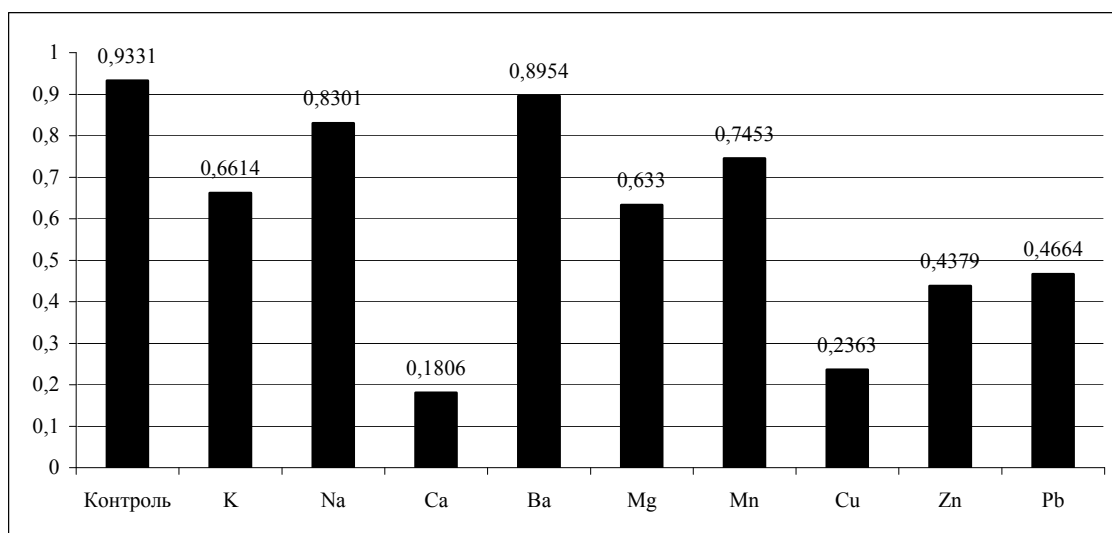


Рис. 3. Суммарное содержание пигментов (мг/г сырой массы) в листьях растений тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.), выращенных в условиях загрязнения среды ацетатами металлов

Действие различных металлов на растения тополя бальзамического варьируется в широких пределах. Показано, что в целом каждый из металлов оказывает специфическое действие на растения, выражающееся в изменениях показателей дыхания листьев и содержания пигментов в листьях опытных растений по сравнению с контролем. В то же время было установлено, что дыхание листьев тополя бальзамического снижается в 3 раза и более относительно контроля в усло-

виях загрязнения окружающей среды ионами K, Na, Ca, Ba, Mg, Mn, Cu и Zn. При этом дыхание листьев тополя в условиях загрязнения среды ионами Pb меньше лишь на 20 % относительно контроля.

Фотосинтез является очень сложным физиолого-биохимическим процессом, в котором задействовано большое количество ферментов, метаболитов и т.д. Функционирование фотосинтетического аппарата растений обусловлено наличием светочувстви-

тельных пигментов в листьях, которые являются начальным звеном сложной цепи. Таким образом, определяющим является количественный и качественный состав пигментов растений. При избыточном содержании ионов металлов суммарное содержание пигментов фотосинтеза в листьях тополя бальзамического ниже, чем в условиях контроля. Следует отметить значительное варьирование суммарного содержания пигментов в листьях. В эксперименте было показано, что доля основного пигмента фотосинтеза – хлорофилла **A** при действии металлов на растения тополя бальзамического снижается (кроме Na). При этом было установлено, что параллельно со снижением доли основного пигмента происходит увеличение доли вспомогательных пигментов – хлорофилла **B** (K, Ba, Mg, Mn) и каротиноидов (Zn), которые, по-видимому, частично компенсируют недостаток хлорофилла **A**. Изменения дыхания и содержания пигментов в листьях тополя бальзамического носят адаптивный характер и направлены на стабилизацию состояния организма как единого целого на молекулярном и физиологическом уровнях организации.

Принимая во внимание тот факт, что большинство видов древесно-кустарниковых растений погибает при действии ионов металлов вышеописанных концентраций, состояние растений тополя бальзамического характеризуется как удовлетворительное. Таким образом, можно сделать вывод о потенциальной возможности эффективного использования тополей для создания санитарно-защитных лесополос поглотительного назначения в промышленных центрах с полиметаллическим типом загрязнения окружающей среды.

Список литературы

1. Баславская С.С., Трубецкова О.М. Практикум по физиологии растений. – М., 1964. – С. 105–125.
2. Большаков В.А. Загрязнение почв и растительности тяжелыми металлами. – М., 1978. – 52 с.

3. Головки Т.К. Дыхание растений (физиологические аспекты). – СПб., 1999. – 204 с.
4. Гудериан Р. Загрязнение воздушной среды. – М.: Мир, 1979. – 200 с.
5. Загрязнение воздуха и жизнь растений / Под ред. М. Трешоу. – Л.: Гидрометеоздат, 1988. – 527 с.
6. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. – Новосибирск: Наука, 1991. – 151 с.
7. Илькун Г.М., Мотрук В.В. Физиолого-биохимические нарушения в растениях, вызываемые атмосферными загрязнителями. – Киев, 1968. – С. 75–88.
8. Кагарманов И.Р. Биологические особенности тополей в связи с лесовосстановлением в техногенных условиях Предуралья: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Уфа: Изд-во БГУ, 1995. – 18 с.
9. Комиссаров Д.А. Биологические основы размножения древесных растений черенками. – М.: Лесн. пром-сть, 1964. – 273 с.
10. Кулагин А.Ю., Кагарманов И.Р., Блонская Л.Н. Тополь в Предуралья: дендрэкологическая характеристика и использование. – Уфа, 2000. – 124 с.
11. Кулагин Ю.З. Индустриальная дендрэкология и прогнозирование. – М.: Наука, 1985. – 117 с.
12. Кулешова Т.Н. Изучение солеустойчивости сеянцев тополя белого // Лесоводство и агролесомелиорация. – Киев: Урожай, 1965. – Вып. 4. – С. 256–260.
13. Махонина Г.И. Химический состав растений на промышленных отвалах Урала. – Свердловск: Изд-во Уральского ун-та, 1987. – 168 с.
14. Николаевский В.С. Генетические и физиолого-биохимические аспекты устойчивости растений в техногенной среде. – Киев, 1990. – С. 29–32.
15. Плохинский Н.А. Биометрия. – М., 1970. – 367 с.
16. Тарабрин В.П. Природа устойчивости растений к промышленным эксгалатам // Адаптация древесных растений к экстремальным условиям среды. – Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1984. – С. 90–97.
17. Тахтаджян А.Л. Система и филогения цветковых растений. – М.; Л., 1966. – 600 с.
18. Устойчивость к тяжелым металлам дикорастущих видов / Под ред. Н.В. Алексеевой-Поповой. – Л., 1991. – 189 с.
19. Физиология растительных организмов и роль металлов / Под ред. Н.М. Чернавской. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1989. – 150 с.
20. Царева Р.П. Биоэлектрическая реакция тополя на солевой стресс // Достижения лес. генет. и селекции – научно техническому прогрессу. – Воронеж, 1988. – С. 78–84.
21. Foy C.D., Chaney R.L., White M.C. Ann. Rev. Plant Physiol., 1978. 29. – P. 511–566.

ОСОБЕННОСТИ АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ПОЛУСКЕЛЕТНЫХ КОРНЕЙ *PINUS SYLVESTRIS* L. И *LARIX SUKACZEWII* DYL. В УСЛОВИЯХ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ УФИМСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА

Г.А. ЗАЙЦЕВ, *ст. науч. сотр. лаборатории лесоведения Института биологии Уфимского научного центра РАН, канд. биол. наук,*

Р.Н. ШАРИФУЛЛИН, *асп. лаборатории лесоведения Института биологии Уфимского научного центра РАН, магистр биологии*

На протяжении последних десятилетий остается актуальным факт техногенного загрязнения окружающей среды выбросами нефтехимической промышленности, которое губительно сказывается на всех без исключения компонентах биосферы. Вопросы изучения анатомической структуры древесины и корней, сформировавшихся под влиянием техногенного загрязнения, исследованы недостаточно, что не позволяет сформировать картину адаптационных изменений на уровне корневой системы [3].

Республика Башкортостан (РБ) – это территория с высокой концентрацией промышленных предприятий, что связано с ее богатейшим природным потенциалом и историческим прошлым. Нефтехимический комплекс РБ занимает первое место в Российской Федерации по объему нефтепереработки. Он производит половину нефтехимической продукции Уральского экономического района, является главным источником экономического и социального развития республики и в то же время причиной ее экологического неблагополучия.

В г. Уфе сконцентрировано около 40 % промышленного потенциала РБ. Ее нефтехимический комплекс перерабатывает свыше 35 млн т. нефти в год. Наибольшая концентрация промышленности характерна для Уфимского промышленного узла, где сосредоточен практически весь нефтеперерабатывающий, энергетический, нефтехимический, машиностроительный, химический и микробиологический потенциал республики.

В г. Уфе основные источники загрязнения атмосферы – гиганты нефтепереработки ОАО «УНПЗ», ОАО «НУНПЗ» и ОАО

«Уфанефтехим», 4 ТЭЦ, завод синтетического спирта ОАО «Уфаоргсинтез», ОАО «Химпром», расположенные в северной части города. На территории Уфы между жилыми кварталами преимущественно без санитарно-защитной зоны расположены предприятия оборонного комплекса, комбинаты и заводы различного профиля, котельные, витаминный завод, завод резиново-технических изделий. Все эти факторы для города со сложным рельефом и неблагоприятными метеопараметрами при определенных условиях способствуют накоплению и переносу промышленных выбросов [2].

Эффективным средством снижения загрязнения всех компонентов природной среды в условиях техногенеза являются древесные растения. Хвойные насаждения способны круглогодично выполнять роль фитофильтров за счет многолетней хвои. Многие хвойные, например лиственница Сукачева и сосна обыкновенная, характеризуются высокой газопоглощательной способностью [1, 5, 8].

Корневые системы деревьев выполняют определенные функции. Наиболее выраженными и изученными из них являются: поглощение воды, минеральных и органических питательных веществ в ствол дерева; физическое закрепление деревьев в вертикальном положении, осуществляемое скреплением корней с почвой; участие в обмене веществ с субстратом, т.е. с почвой. Названные функции проявляются комплексно, т.е. взаимосвязаны и одновременны. Нарушение или прекращение одной из указанных функций неизбежно ведет к гибели корневой системы и, соответственно, дерева. Функциональными особенностями корней деревьев со-

ответствует их определенное анатомическое и морфологическое строение [9].

Поглощающие корни часто называют корнями физиологически активными. Они имеют диаметр менее 1 мм, диаметр полупроводящих корней от 1 до 3 мм, проводящих – более 3 мм [11].

Изучались анатомические изменения в полупроводящих корнях древесных растений, произрастающих в условиях Уфимского промышленного узла. Проводящие корни транспортируют воду и питательные вещества в ствол дерева. Вместе с тем этой группе корней присущи и другие важные функции. Прежде всего, проводящие корни – носители поглощающих корней. Они представляют основу, на которой формируются активная часть корней и их поглощающая поверхность. В их тканях накапливаются запасы органического вещества, продуцируемого деревом [6]. Кроме того, этой группе корней свойственна одна из важнейших функций, обеспечивающая биологическую устойчивость дерева, – регенерация активной части корней, утраченной под влиянием тех или иных причин (в нашем случае этой причиной является нефтехимическое загрязнение). С их помощью также увеличивается число активных ответвлений корней в процессе роста дерева, когда прежнего их количества становится недостаточно для обеспечения нормальной жизнедеятельности [9, 12].

Молодой корень вторичного строения не сразу утрачивает поглотительные функции. Он некоторое время способен всасывать почвенный раствор. Эта часть корней вторичного строения, не полностью утратившая поглотительные функции, выделяется в группу полупроводящих корней. Таким образом, по физиологическим и функциональным особенностям корневая система деревьев подразделяются на три группы корней: поглощающие (всасывающие), полупроводящие и проводящие. Часто эти группы корней называют тонкими, полускелетными и скелетными.

Объекты, район исследования и методика

Район исследования Уфимский промышленный центр (УПЦ) – своеобразный

природно-техногенный комплекс, который является определяющим в специфической реакции древесных растений на действие техногенных факторов.

В условиях преобладающего многолетнего (более 40 лет) нефтехимического загрязнения УПЦ (Предуралье) в 2002–2003 гг. изучались особенности анатомического строения полускелетных корней *Pinus sylvestris* L. и *Larix sukaczewii* Dyl.

Сосна обыкновенная и лиственница Сукачева благодаря своим биолого-экологическим особенностям широко используются в создании защитных лесонасаждений на территории крупных промышленных центров Предуралья. В связи с этим возникла необходимость выявления их адаптативного потенциала в условиях техногенного загрязнения окружающей среды [4]. Объекты исследования – лесные культуры *P. sylvestris* и *L. sukaczewii* (45–55 лет) из числа санитарно-защитных насаждений УПЦ. В качестве контроля использованы одновозрастные насаждения, расположенные в 35 км к югу от УПЦ.

Корневые образцы брались с глубины 0–10 см, 10–20 см, 20–30 см, 30–40 см, 40–50 см. [6, 12]. Для того чтобы дольше сохранить часть ткани (корня) в состоянии наиболее близком к живому, фиксацию корневых образцов производили в водном растворе этанола 20 % [13].

Особенности анатомического строения полускелетных корней *P. sylvestris* изучали на временных препаратах. Микротомом МС-2 (Россия) делали поперечные и продольные срезы, которые изучали при помощи микроскопа Amplival (Germany). Определяли количество смоляных ходов на единицу площади и диаметр [10].

Результаты и обсуждение

В условиях загрязнения отмечается увеличение количества смоляных ходов по всему профилю как у *L. sukaczewii*, так и у *P. sylvestris* (рис. 1). Количество смоляных ходов в корнях *P. sylvestris* превышало данный показатель в корнях *L. sukaczewii*, однако более выраженное различие между кон-

трольными и опытными образцами было отмечено в корнях *L. sukaczewii*.

По видоспецифичности сосна обыкновенная менее устойчива к промышленному загрязнению, что и показывают результаты исследования.

Увеличение количества смоляных ходов у сосны обыкновенной в зоне промышленного загрязнения наиболее достоверно на глубине от 0–10 и от 40–50 см, максимальное количество смоляных ходов достигает – 5, среднее значение – 2,3. На глубине 10–20 и 30–40 см максимальное значение смоляных ходов – 5 и 6 соответственно, среднее значение – 2,3 и 2,5 соответственно. Максимальное значение этого параметра отмечается на глубине от 20–30 см, 6 – максимальное, 4 – среднее значения. В зоне относительного контроля минимальное количество смоляных ходов находится на глубине от 40–50 см, максимальное – от 20–30 см.

У лиственницы Сукачева наиболее достоверные различия в зоне УПЦ находятся на глубине от 0–10, 10–20, 30–40 см. На глубине от 0–40 см в зоне углеводородного загрязнения количество смоляных ходов около 2 (среднее значение), минимальное – на глубине от 40–50 см.

Диаметр и площадь смоляных ходов в зоне промышленного загрязнения и в контроле в корнях *L. sukaczewii* был выше, чем в

корнях *P. sylvestris*. (рис.2). Среднее значение диаметра и площади смоляных ходов у сосны в зоне УПЦ – 5,7 мкм, 28,6 мкм², у лиственницы – 6 мкм, 28,5 мкм². В контроле – 4,8 мкм, 24,9 мкм² и 4,2 мкм, 14,9 мкм² соответственно.

По сравнению с сосной обыкновенной у лиственницы Сукачева более выраженное смолоотделение, что говорит в пользу данного вида. Интенсивное смолоотделение способствует более быстрому удалению промышленных эксгалатов из корней древесного растения.

Увеличение данных параметров является ответной реакцией корневой системы на действие промышленных эксгалатов. Основная функция смоляных ходов – бактерицидная, но помимо этого смола работая в качестве «канализационной системы» древесного растения, может связывать различные токсиканты и выводить их во внешнюю среду.

Данные параметры, а именно: количество, диаметр, площадь смоляных ходов – составляют адаптационный комплекс, который непосредственно связан с другим показателем – корненасыщенностью данных растений. В условиях загрязнения *P. sylvestris* и *L. sukaczewii* имеют больший диаметр и, соответственно, площадь смоляных ходов (рис.2).

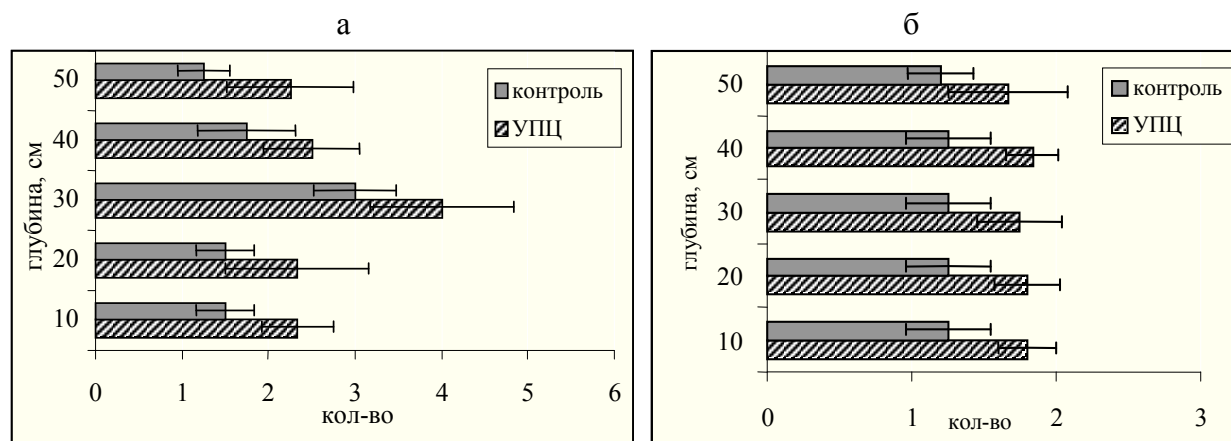


Рис. 1. Влияние нефтехимического загрязнения на количество смоляных ходов в корнях сосны обыкновенной (а) и лиственницы Сукачева (б)

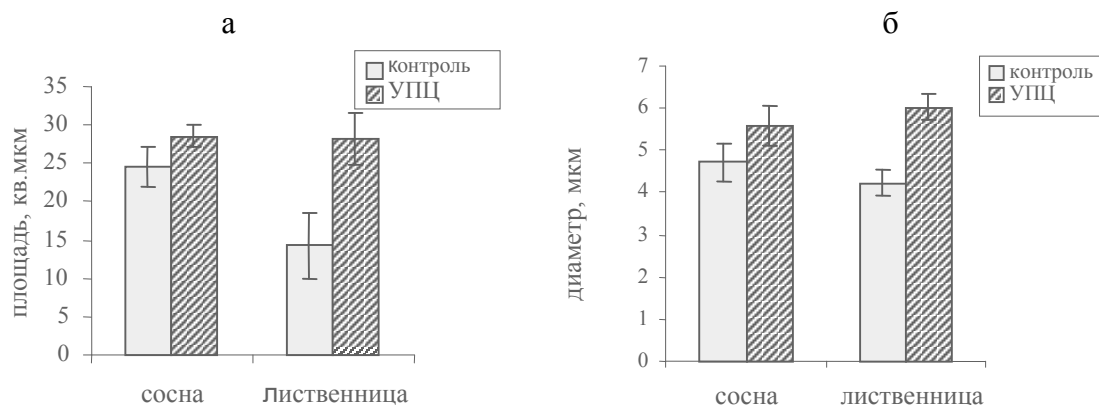


Рис. 2. Влияние нефтехимического загрязнения на площадь (а) и диаметр смоляных ходов (б)

Таким образом, более устойчивым видом в данном исследовании является лиственница Сукачева [4]. Углеводородный тип атмосферного загрязнения, а именно такой тип загрязнения преобладает в УЩ, имеет природный аналог, который является источником адаптации растений на анатомо-морфологическом и биохимическом уровне.

Список литературы

1. Влияние промышленного атмосферного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова / Под. ред. Б.Н. Норина и В.Т. Ярмишко. – Л., 1990. – 195 с.
2. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды республики Башкортостан в 1998 году. – Уфа, 1999. – 301 с.
3. Гудериан Р. Загрязнение воздушной среды. – М.: Мир, 1979. – 200 с.
4. Дылис Н.В. Лиственница. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 96 с.
5. Зайцев Г.А. Особенности формирования корневых систем сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и лиственницы Сукачева (*Larix sukaczewii* Dyl.) в техногенных условиях Предуралья (Уфимский промышленный центр): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Уфа: БГУ, 2000. – 16 с.
6. Згуровская Л.Н. Анатомо-физиологическое исследование всасывающих ростовых и проводящих корней древесных пород // Тр. Ин-та леса и древесины АН СССР. – 1958. – Т. 41. – Вып. 2. – С. 5–33.
7. Ильин С.С. К методике изучения корневой системы растений // Бот. журн. – 1961. – Т.46. – № 10. – С. 1533–1537.
8. Илькун Г.М. Загрязнители атмосферы и растения. – Киев: Наукова думка, 1978. – 246 с.
9. Калинин М.И. Формирование корневой системы деревьев. – М.: Лесная пром-ть, 1983. – 152 с.
10. Клейн Р.М., Клейн Д.Т. Методы исследования растений. – М.: Колос, 1974. – 527 с.
11. Колесников В.А. Методы изучения корневой системы древесных растений. – М.: Лесн. пром-сть, 1972. – 152 с.
12. Сытник К.М., Книга Н.М., Мусатенко Л.Н. Физиология корня. – Киев: Наукова думка, 1972. – 356 с.
13. Яценко-Хмельевский А.А. Основы и методы анатомического исследования древесины. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – 338 с.

СТРУКТУРНЫЕ АНОМАЛИИ КРОН ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ПРИДОРОЖНОЙ ПОЛОСЫ МКАД

А.А. ЩЕРБИНИНА, асп. каф. селекции, генетики и дендрологии МГУЛа

В последнее время появилось много публикаций, посвященных изучению причин усыхания насаждений, произрастающих вдоль автомагистралей с интенсивным движением, в частности, вдоль МКАД. Эти исследования включают в себя оценку состояния древесных и кустарниковых растений

придорожной полосы, определение изменений химических, физических свойств почв. В работах отмечается массовое и однотипное по своему характеру усыхание крон деревьев, появление суховершинности, некрозов, хлорозов, мелколистности, неравномерного распускания листвы деревьев опушеч-

ных полос. Приводятся также результаты дендрохронологических исследований, еще раз подтверждающие негативное воздействие автомагистрали на прилегающие насаждения. Данные исследования проводились на всем протяжении МКАД [1, 2, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 17, 19, 20, 21]. В ряде работ при оценке состояния насаждений основное внимание обращено на определение категории состояния деревьев, поражение ствола, ветвей, листьев (хвои) болезнями, повреждение (заселение) вредителями, механические повреждения. И лишь изредка упоминается об образовании в кронах деревьев «характерных пучков побегов» [6, 13]. В данном случае речь идет о структурах, морфологически схожих с «ведьмиными метлами», которые представляют собой пучки радиально расходящихся побегов. Мы их условно называем техногенными «ведьмиными метлами». Условность определения связана с недостаточно полно проработанной классификацией данных аномальных структур. Типичные «ведьмины метлы» делят на мутантные и паразитарные, что отражает причину их возникновения [3, 4, 5, 16, 22, 23, 26, 27]. Мы полагаем, что следует выделять и техногенные «метлы».

Анализ литературных источников показывает, что отечественные исследователи уделяют недостаточно внимания изучению аномальных структур, формирующихся в кронах деревьев, произрастающих в зоне интенсивного антропогенного воздействия, хотя существует реальная опасность распространения данного явления на все большие территории. В условиях бесконтрольного усиления негативного влияния человека на природу это может привести к потере городскими посадками и придорожными насаждениями основных выполняемых ими функций.

В связи с вышесказанным представляется важным и интересным получить данные, касающиеся частоты встречаемости рассматриваемых структурных аномалий, влияния автомагистрали на проявление этого частного случая аномального роста, о тенденциях морфологических изменений

крон древесных растений, а на основании полученных данных разработать практические рекомендации по формированию опушечных полос и подбору ассортимента древесных растений для создания городских насаждений.

При определении степени воздействия МКАД на состояние прилегающих насаждений и характер проявления неспецифической реакции, выражающейся в образовании в кронах древесных растений данных структурных аномалий, нами в летний полевой период 2002–2003 гг. было проведено обследование насаждений Лосинопогонного лесопарка НП Лосиный остров. На основании рекогносцировочного обследования и изучения материалов таксационного описания насаждений немосковской части национального парка нами были заложены пробные площади в березовых и липовых насаждениях как в непосредственной близости от автомагистрали, так и на различном расстоянии от нее (контрольные пробные площади). В качестве объекта исследования были выбраны березовые и липовые насаждения. Выбор этих насаждений объясняется тем, что они непосредственно примыкают к автомагистрали, кроме того, в настоящее время они являются преобладающими на территории национального парка и занимают соответственно 44 и 12 % лесопокрытой площади. Каждая пробная площадь, находящаяся около МКАД, была разбита на 10-метровые продольные полосы, расположенные параллельно автомагистрали. По ним проводили пересчет, что позволило проанализировать изменение интересующих нас характеристик древесных растений, а именно: категории состояния, наличия в кронах «ведьминых метел» и проекции кроны, в зависимости от расстояния от автомагистрали. При проведении исследований нами также были использованы постоянные пробные площади, заложенные ранее ВНИИЛМом и Институтом лесоведения РАН.

На пробных площадях был произведен сплошной пересчет деревьев. При этом для каждого дерева были определены следующие показатели: длина окружности

ствола на высоте 1,3 м, высота дерева, расстояние до первой живой ветви, размеры проекции кроны в направлениях север-юг, запад-восток, наличие в кронах деревьев «ведьминых метел», категория состояния.

Длину окружности ствола определяли с помощью мерной ленты, для определения высоты деревьев использовали высотомер ВН-1. Наличие в кронах деревьев «ведьминых метел» определяли визуально в процентах от общего объема кроны дерева с использованием 11-балльной шкалы. Категорию состояния деревьев определяли согласно общепринятым методикам [18].

Пробные площади были заложены в березовых и липовых чистых и смешанных насаждениях, V–VI классов возраста (для березовых насаждений), IX–XI классов возраста (для липовых насаждений), I–II бонитетов, с полнотой 0,7–0,8, в сходных условиях местопроизрастания (С₂).

В процессе исследования было заложено 19 пробных площадей (10 – в березовых насаждениях, 9 – в липовых). Всего в перечень вошло 4433 дерева.

Таксационная характеристика насаждений на пробных площадях приведена в табл. 1.

Уже при визуальном обследовании насаждений национального парка, произрастающих вдоль МКАД, обращает на себя внимание их ухудшающееся состояние в немосковской части парка. Некоторые исследователи объясняют этот факт преобладанием юго-западных ветров, которые переносят основное загрязнение от автомагистрали, включающее в себя не только воздействие тяжелых металлов, попадающих в окружающую природную среду с выхлопами автотранспорта и пылью от МКАД, но и влияние противогололедных препаратов [11].

В ряде работ отмечалось, что неблагоприятное воздействие автомагистрали на насаждения проявляется в суховершинности деревьев, появлении хлорозов и некрозов листьев, мелколистности, массовом усыхании ветвей в кронах деревьев, раннем листопаде [1, 2, 10, 12, 17, 19, 20]. Одновременно наблюдалось и снижение линейного прироста [8].

Т а б л и ц а 1

Таксационная характеристика насаждений

Состав	Возраст, лет / число деревьев, шт	Средняя высота, м	Средний диам., см	Бонитет	Полнота	ТУМ	Расст. от МКАД, м
8Б1С1Л	53/211	20,57	19,75	I	0,8	СЛМ С ₂	25
8Б1С1Л	53/214	20,19	19,45	I	0,8	СЛМ С ₂	25
10Б+С	48/229	20,49	19,73	I	0,7	СЛМ С ₂	25
10Б+С	50/230	20,47	19,87	I	0,7	СЛМ С ₂	25
7Б2Е1С	45/210	19,61	18,63	I	0,8	СЛШ С ₂	25
8Б2С	55/200	22,79	24,62	I	0,8	СЛМ С ₂	320
10Б+Е+Лп	58/214	20,17	19,97	I	0,8	СЛШ С ₂	440
9Б1С+Лп+Е	60/221	21,82	21,75	I	0,8	СЛМ С ₂	400
8Б2Лп	60/228	22,07	22,59	I	0,8	СЛШ С ₂	600
8Б2С+Лп	58/212	20,77	20,25	I	0,8	СЛМ С ₂	1500
6Лп3Е1Б+Лп	95/200	22,35	26,67	II	0,7	СЛШ С ₂	25
4Лп1Д1Е2Б2Б+Е	95/220	23,86	28,61	I	0,7	СЛШ С ₂	25
8Лп1Б1Е	95/230	23,56	30,0	II	0,7	СЛШ С ₂	25
6Лп3Б1С	95/614	21,17	24,84	II	0,6	СЛШ С ₂	25
6Лп4Б+Е	95/200	25,22	30,22	I	0,6	СЛШ С ₂	1000
4Лп3Б1Ос1Д1Е	105/210	24,15	29,68	II	0,5	СЛШ С ₂	600
4Лп3Б1Д2Е+Е	95/200	22,77	29,41	II	0,6	СЛШ С ₂	720
9Лп1Б+Е+Д+Ос	95/200	23,05	26,88	I	0,7	СЛШ С ₂	800
6Лп4Б+Д+Е+С	85/200	23,69	27,15	I	0,7	СЛШ С ₂	300

Одним из наиболее распространенных подходов к оценке влияния загрязнения атмосферного воздуха на лесные экосистемы является характеристика санитарного состояния насаждений с оценкой категорий состояния деревьев по следующей шкале [17]:

- № – категория состояния дерева
- 0 – без признаков ослабления;
- 1 – ослабленные с долей усыхания ветвей менее 25 %;
- 2 – среднеослабленные с долей усыхания ветвей от 25 до 50 %;
- 3 – сильно ослабленные с долей усыхания ветвей от 50 до 75 %;
- 4 – усыхающие с долей усыхания ветвей более 75 %;
- 5 – сухой текущий год;
- 6 – сухой прошлых лет;
- 7 – ветровал;
- 8 – бурелом.

Для определения реакции древостоя на загрязнение атмосферного воздуха нами сравнивалась оценка его состояния и состояния контрольного объекта. Для изучения состояния березовых насаждений, прилегающих к МКАД, мы проанализировали данные пяти пробных площадей. Распределение березы пушистой по категориям состояния в зависимости от расстояния от автомагистрали приведено в табл. 2.

Как видно из табл. 2, на расстоянии до 65 м от МКАД не осталось деревьев без признаков ослабления. Здесь преобладают

сильно ослабленные и усыхающие деревья березы пушистой. По мере удаления от автомагистрали состояние деревьев постепенно улучшается. Особенно это заметно на расстоянии 66–75 м от МКАД, где появляются деревья без признаков ослабления. Именно на расстоянии 65 м от МКАД и более наблюдается смена соотношений между долей ослабленных, среднеослабленных деревьев и деревьев без признаков ослабления. Кроме того, по мере удаления от автомагистрали уменьшается число сухостойных экземпляров.

Загрязнение атмосферного воздуха приводит не только к ухудшению санитарного состояния насаждений, но и к изменению внешнего облика деревьев, к потере кроной ряда видовых морфологических признаков. В частности, происходит изреживание кроны, усыхание ветвей, превращение кроны в отдельные пучки побегов.

Проекция крон деревьев около МКАД значительно меньше, чем у деревьев на расстоянии 65 м от автомагистрали. Средний размер кроны деревьев по мере удаления от МКАД увеличивается (табл. 3).

На расстоянии 65–75 м и более от МКАД древесные растения по своим морфологическим характеристикам приближаются к таковым на контрольных пробных площадях, удаленных от МКАД на 400 м и более, где средний размер проекции крон деревьев изменяется в пределах 9,73–13,19 м².

Т а б л и ц а 2

Состояние березы пушистой на пробных площадях, удаленных от МКАД на расстояние 25–75 м

Расстояние от ограждения НП/ МКАД, м	Число учтенных деревьев, шт	Распределение деревьев по категориям состояния, шт								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
0–10/25–35	215	–	–	11	112	79	–	12	1	–
11–20/36–45	218	–	3	71	97	31	1	15	–	–
21–30/46–55	220	–	22	139	45	2	–	12	–	–
31–40/56–65	216	–	93	111	–	–	–	12	–	–
41–50/66–75	223	79	111	30	–	–	–	3	–	–

Изменение размеров проекций крон деревьев березы пушистой на различном расстоянии от МКАД

Расстояние от ограждения НП/МКАД, м	Число учтенных деревьев, шт	Проекция крон, м ²
0–10/25–35	215	2,69
11–20/36–45	218	3,4
21–30/46–55	220	4,29
31–40/56–65	216	5,58
41–50/65–75	223	7,99

Т а б л и ц а 4

Изменение частоты встречаемости «ведьминых метел» на березе пушистой в зависимости от расстояния от автомагистрали

Расстояние от ограждения НП/МКАД, м	Число учтенных деревьев, шт	Частота встречаемости, %
0–10/25–35	215	92,55
11–20/36–45	218	75,88
21–30/46–55	220	46,59
31–40/56–65	216	20,42
41–50/65–75	223	7,12

При проведении исследований особое внимание обращали на степень изменения крон деревьев, что выражается в формировании аномальных структур – техногенных «ведьминых метел», и связь данных тератом с категорией состояния дерева, наличием в кроне усохших ветвей, также с удаленностью от автомагистрали.

Даже при визуальном обследовании деревьев «ведьмины метлы» предстают как четкие обособленные структуры, резко отличающиеся от остальной, нормальной части кроны из-за нетипичного ветвления.

Из литературных источников известно, что формирование структур, морфологически схожих с «ведьмиными метлами», можно наблюдать в условиях задымленности, частых пожаров, загрязнения атмосферного воздуха промышленными и радиоактивными выбросами, также у ослабленных деревьев, остающихся при вырубке древесостоя, которая сопровождается строительством дорог [25, 26].

Нами рассматривается ставшее в последнее время широко распространенным явление – образование в кронах деревьев

придорожной полосы МКАД аномальных структур – техногенных «метел» и влияние автомагистрали на степень проявления данной ответной реакции древесных растений. Рассматриваемые нами техногенные «ведьмины метлы» представляют собой аномальные образования, возникающие в результате нарушения регуляции ростовых процессов, прежде всего апикального доминирования, что находит выражение в изменении морфологического строения ветвей деревьев [3, 4, 5]. В частности, для «ведьминых метел» характерно уменьшение длины побегов, усиление интенсивности ветвления, вследствие чего данные аномальные структуры четко различимы в кронах деревьев [3, 4, 5, 22, 23, 27].

Анализ результатов исследования показывает, что в наибольшей степени потеря кроной видоспецифичных морфологических признаков выражена у деревьев на первых 55 м от ограждения национального парка (табл. 4). По мере удаления от автомагистрали число рассматриваемых нами аномальных структур уменьшается, и кроны деревьев постепенно приобретают характерные для того

или иного вида морфологические признаки (форма кроны, характер ветвления, листорасположения). Между числом усохших ветвей и наличием в кронах деревьев техногенных «метел» существует тесная положительная связь ($R = 0,91-0,95$). Причем формирование подобных аномальных структур наблюдается у обследованных экземпляров березы пушистой независимо от возраста и диаметра.

Аналогичные исследования нами были проведены и в липовых насаждениях. Соотношение деревьев разных категорий состояния показано в табл. 5.

Как следует из табл. 5, на расстоянии 50 м и более от МКАД происходит резкое изменение соотношения деревьев разных категорий состояния. Так, на расстоянии 25–50 м преобладающими являются среднеослабленные и сильно ослабленные деревья

липы мелколистной, тогда как на расстоянии 50–75 м – ослабленные деревья. Усыхающие деревья представлены незначительно.

По мере удаления от МКАД можно наблюдать также и существенные изменения проекции кроны деревьев (табл. 6).

На расстоянии 65 м и более проекции крон деревьев придорожной полосы приближаются по своим размерам к проекциям крон деревьев на контрольных пробных площадях (14,99–21,39 м²). Таким образом, есть основание полагать, что образование «метел» и уменьшение проекции кроны – это явления, связанные между собой.

В липовых насаждениях можно наблюдать аналогичную тенденцию снижения частоты встречаемости «ведьминых метел» по мере увеличения расстояния от автомагистрали (табл. 7).

Т а б л и ц а 5

Состояние липы мелколистной на пробных площадях на различном удалении от МКАД

Расстояние от ограждения НП/МКАД, м	Число учтенных деревьев, шт	Распределение деревьев по категориям состояния, шт								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
0–10/25–35	192	–	3	81	96	8	–	3	1	–
11–20/36–45	182	–	1	126	55	–	–	–	–	–
21–30/46–55	186	–	39	122	16	2	–	4	3	–
31–40/56–65	185	1	112	53	14	–	–	2	3	–
41–50/66–75	178	9	143	23	–	–	–	2	–	1

Т а б л и ц а 6

Изменение размеров проекций крон деревьев липы мелколистной на различном расстоянии от МКАД

Расстояние от ограждения НП/МКАД, м	Число учтенных деревьев, шт	Проекция крон, м ²
0–10/25–35	192	7,18
11–20/36–45	182	9,14
21–30/46–55	186	11,66
31–40/56–65	185	13,69
41–50/65–75	178	15,21

Изменение частоты встречаемости «ведьминых метел» на липе мелколистной в зависимости от расстояния от автомагистрали

Расстояние от ограждения НП/МКАД, м	Число учтенных деревьев, шт	Частота встречаемости, %
0–10/25–35	192	75,38
11–20/36–45	182	55,26
21–30/46–55	186	33,75
31–40/56–65	185	22,20
41–50/65–75	178	8,69

Как видно из табл. 7, на расстоянии 46–55 м от автомагистрали ответная реакция растений на загрязнение среды, проявляющаяся в образовании «ведьминых метел», выражена в наибольшей степени. Сравнивая частоту встречаемости «ведьминых метел» на липе мелколистной с таковой на березе пушистой, следует отметить, что на первой породе эти тератомы встречаются несколько реже. Данный факт можно связать с большей устойчивостью липы в условиях антропогенного загрязнения среды и, как следствие, лучшим ее состоянием.

Таким образом, насаждения придорожной опушечной полосы принимают на себя основную техногенную нагрузку. Худшее состояние древесной растительности отмечается в достаточно узкой полосе шириной до 50–65 м, непосредственно примыкающей к МКАД и играющей роль своеобразного буфера. На расстоянии 65 м и более от автомагистрали наблюдается улучшение состояния насаждений. Березовые насаждения оказались менее устойчивыми к воздействию МКАД, чем липовые. В непосредственной близости от автомагистрали береза представлена сильно ослабленными и усыхающими деревьями, тогда как липа – деревьями со средней и сильной степенью ослабления. Лесная древесная растительность в пределах 50 м от МКАД находится в критическом состоянии. Контрольные пробные площади характеризуются лучшим состоянием древостоев, практически они без признаков повреждения.

Под влиянием автомагистрали происходит изменение внешнего облика растений, проявляющееся в превращении крон деревьев в техногенные «ведьмины метлы». Необходимо еще раз подчеркнуть, что «ведьмины метлы» являются неспецифической реакцией на различные денормализующие воздействия. Их структурная организация, независимо от причины, вызвавшей образование этих тератом, подчиняется единой закономерности, которая заключается в том, что при неспецифических нарушениях регуляции ростовых процессов стебель древесного растения или его часть имеют тенденцию превратиться в пучок радиально расходящихся побегов или в шаровидное тело [3]. В данном случае на фоне загрязнения окружающей природной среды, вызванном воздействием автомагистрали, наблюдается тенденция структурных изменений крон древесных растений, переход от нормальной структурной организации к аномальной. Независимо от причины, вызывающей образование «ведьминых метел», в их структурной организации наблюдается общая тенденция к бесконтрольному ветвлению и подавлению роста главной оси. Эта тенденция морфологических изменений характерна не только для насаждений придорожных полос автомагистралей с интенсивным движением. Ее можно наблюдать и в городских придорожных посадках. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о необходимости постоянного слежения за состоянием насаждений придорожных полос.

Список литературы

1. Абатуров А.В. Влияние Московской кольцевой автодороги (МКАД) на состояние лесных насаждений в придорожной полосе // Мониторинг состояния природно-культурных комплексов Подмосковья: Материалы науч.-практ. конференции 8–9 сентября 1999 г. – М.: ВНИИЦлесресурс, 2000. – С. 132–136.
2. Автухович И.Е., Ягодин Б.А. Деревья как индикаторы экологически неблагоприятных условий крупного мегаполиса // Известия ТСХА. – 2000. – Вып.1. – С. 180–183.
3. Коровин В.В. Морфолого-анатомические изменения стебля древесных растений при аномальном росте // Бот. журн. – 1987. – Т. 72. – № 6. – С. 739–749.
4. Коровин В.В. Аномальный рост и морфогенез древесных растений // Лесопользование и воспроизводство лесных ресурсов / Науч. тр. – М.: МГУЛ, 1998. – Вып. 297. – С. 10–13.
5. Коровин В.В., Новицкая Л.Л., Курносков Г.А. Структурные аномалии стебля древесных растений. – М.: Изд-во МГУЛ, 2002. – 259 с.
6. Липаткин В.А., Шарапа Т.В., Щербаков А.Н. Состояние насаждений, граничащих с Московской кольцевой автодорогой // Экология, мониторинг и рациональное природопользование / Научн. тр. – М.: МГУЛ, 2000. – Вып. 302(1). – С. 45–53.
7. Липаткин В.А., Шарапа Т.В., Щербаков А.Н. Результаты изучения состояния насаждений НП «Лосиный остров», граничащих с МКАД // Экология, мониторинг и рациональное природопользование / Научн. тр. – М.: МГУЛ, 2001. – Вып. 307(1). – С. 156–163.
8. Лысыков А.Б. Влияние автомагистрали на почвенно-экологические условия сосновых насаждений // Лесоведение. – 1996. – № 2. – С. 73–84.
9. Лысыков А.Б. Изменение химических и фитотоксических свойств почвы сосновых лесов вдоль автодорог // Лесоведение. – 2000. – № 1. – С. 51–55.
10. Мацкунас А.А. и др. Воздействие на лесные экосистемы аэральные выбросы транспорта Московской кольцевой автодороги / О.Б. Бутусов, А.М. Степанов, А.А. Маслов, Л.П. Рысин // Лесоведение. – 2002. – №4. – С. 69–73.
11. Меланхолин П.Н., Лысыков А.Б. Изменение лесной растительности и почвы под влиянием Московской кольцевой автодороги // Лесоведение. – 2002. – № 4. – С. 53–60.
12. Мозолевская Е.Г. и др. Итоги мониторинга состояния зеленых насаждений и городских лесов Москвы в 1997 г. / Н.К. Белова, Е.Г. Куликова, Э.С. Соколова, В.А. Липаткин, Т.В. Шарапа, В.М. Сураппаева, А.Н. Щербаков, Д.А. Белов, С.В. Мазитов // Лесной вестник. – М.: МГУЛ, 1998. – № 2. – С. 14–27.
13. Мозолевская Е.Г. Результаты оценки и динамики состояния зеленых насаждений и городских лесов Москвы в 1998 г. // Лесной вестник. – М.: МГУЛ, 1999. – № 2 – С. 183–188.
14. Николаев Ю.Н. и др. Оценка воздействия МКАД на окружающую среду в национальном парке «Лосиный остров» / Т.В. Шестакова, Ю.Л. Маркова, А.Ю. Бычков, Е.Ю. Охапкина, О.В. Сырямкина, В.В. Нефедьев, Е.П. Сурикова // Экология, мониторинг и рациональное природопользование / Науч. тр. – М.: МГУЛ, 2001. – Вып. 314. – С. 111–127.
15. Николаевский В.С., Васина И.В., Николаевская Н.Г. Влияние некоторых факторов городской среды на состояние древесных пород // Лесной вестник. – М.: МГУЛ, 1998. – № 2. – С. 28–38.
16. Носков В.И., Негруцкий С.Ф. К вопросу о происхождении «ведьминых метел» на сосне // Науч. записки Воронежского ЛТИ. – 1956. – Т.15. – С. 207–210.
17. Оценка геохимического загрязнения национального парка «Лосиный остров». – М.: Изд-во Прима-Пресс-М, 2000. – 111 с.
18. Санитарные правила в лесах Российской Федерации. – М.: ВНИИЦлесресурс, 1998. – 20 с.
19. Соколова Т.А. Экологическая оценка территории ГПНП «Лосиный остров»: Автореф. дис ... канд. геогр. наук. – М., 1995. – 16 с.
20. Состояние зеленых насаждений в Москве. По данным мониторинга 1998 г. Аналитический доклад / Под ред. Х.Г. Якубова. – М.: Изд-во Прима-Пресс-М, 1999. – 216 с.
21. Шаповалова Н.В. Изучение лесопарковых насаждений, находящихся под воздействием крупных транспортных магистралей // Лесопользование и воспроизводство лесных ресурсов / Науч. тр. – М.: МГУЛ, 2001. – Вып. 311. – С. 126–129.
22. Buckland D.C., Kuijt Job. Unexplained brooming of Douglas fir and other conifers in British Columbia and Alberta // Forest Science. – 1957. – v.3. – P. 236–242.
23. Grant T.J., Stout D.S., Readey J.C. Systemic brooming, a virus disease of black locust // Journal of Forestry. – 1942. – v.40. – P. 253–260.
24. James G. I., Courtin G. M. Stand structure and growth form of the birch transition community in an industrially damaged ecosystem, Sudbury, Ontario // Canad. J. Forest Research. – 1985. – V.15. – P. 809–817.
25. Rhoads A.S. Witches-brooms of pine trees in Florida // The plant disease reporter. – 1945. – v.29. – P. 26–28.
26. Tinnin Robert O., Knutson Donald M. How to identify brooms in Douglas-fir caused by dwarf mistletoe // Res. Note USDA. Forest Serves Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station PNW-426, USDA, Oreg. – 1985. – 8 p.
27. Waxman S. Witches' brooms sources of new and dwarf forms of Picea, Pinus and Tsuga species // Acta Hort/ Symposium on propagation in Arboriculture. – 1975. – № 54. – P. 25–32.

ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ НА ЕСТЕСТВЕННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОЛЯ В ПОЧВАХ

Г.Н. ФЕДОТОВ, доц. каф. химии и биотехнологии МГУЛа, канд. хим. наук,

В.С. ШАЛАЕВ, проф., д-р техн. наук,

Е.И. ПАХОМОВ, студент 5 курса фак. МХТД МГУЛа

По мнению ряда авторов [1,2], возникновение диффузионно-адсорбционных потенциалов (ДАП) связано с разной адсорбционной способностью и подвижностью ионов в системах и перемещением более подвижных ионов из одной контактирующей системы в другую.

Подобный подход позволяет объяснить на качественном уровне экспериментальные результаты по естественным электрическим полям (ЕЭП) в почвах [3,4], но отсутствие понимания реального механизма их возникновения не позволяет на основе свойств почв прогнозировать возникновение ДАП и их величины, а также при необходимости изменять их в нужном направлении.

Предложенное в работах [5,6] рассмотрение почвы с позиций единой структуры органо-минерального геля (ОМГ), покрывающего неколлоидные почвенные частицы, и рассмотрение контакта между почвами как границы между различными коллоидными структурами ОМГ позволило уточнить область возникновения ДАП. Это, в свою очередь, дало возможность принять в качестве основной причины возникновения ЕЭП в почвах различную активность катионов в структурах ОМГ. Однако однозначные доказательства влияния именно активности катионов на ДАП отсутствуют. Более того, рассмотрение почв с идеальных позиций – отрицательно заряженных коллоидов с катионами в качестве противоионов и игнорирование наличия в почвах обменных анионов, а также неотмываемых солей – вряд ли можно считать правомерным.

Существующие в настоящее время результаты экспериментов не дают возможности дать однозначный ответ о механизме явления. Понятно, что ДАП определяется

структурами ОМГ, но на что влияют эти структуры и как они влияют на ДАП, пока не ясно.

Основной недостаток существующего уровня понимания явления состоит в том, что нельзя управлять величинами ДАП в почвах, а это становится особенно актуальным из-за предполагаемого влияния ДАП в почвах на урожайность растений. Исходя из реальности внедрения результатов экспериментов, необходимо, в первую очередь, разобраться в том, как на ДАП влияют различные соли, так как по мнению авторов, именно их использование в сельском хозяйстве наиболее перспективно.

Целью данной работы является:

- выяснение значимости влияния активности находящихся в почвах анионов на ДАП;
- подтверждение значимости влияния структуры ОМГ на величину ДАП в почвах, содержащих соли, и выяснение природы этого влияния;
- поиск путей направленного воздействия на естественные электрические поля почв.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования были выбраны доступные нам почвы, включая торфяную и дерново-подзолистую почвы из поймы р. Яхромы и ее окрестностей, а также тепличный субстрат и кубанский выщелоченный чернозем. Выбор был осуществлен таким образом, чтобы исследуемые почвы достаточно сильно отличались по своим характеристикам и наличию ОМГ. Свойства почв, определенные по общепринятым методикам, приведены в работе [6].

Измерение разности потенциалов проводили между двумя образцами почв, приводя их в контакт. Использовали стандартные хлорсеребряные электроды, связанные с образцами почвы через загущенные агаром солевые мостики с насыщенным раствором хлорида калия. В качестве измерителя разности потенциалов между электродами (диффузионно-адсорбционного потенциала) использовали цифровой мультиметр фирмы «Mastech» М890 с внутренним сопротивлением 10 МОм. Ошибка не превышала 10 % измеряемой величины.

Образцы почв, содержащие соли, готовили, добавляя растворы солей различных концентраций в воздушно-сухие почвы до содержания воды 0,8–0,9 наименьшей влагоемкости и выдерживая несколько недель.

Измерение активности ионов калия и хлора в почвах проводили при помощи ион-селективных электродов на иономере И-500 фирмы «Аквилон». Информация с прибора в

графическом виде в непрерывном режиме поступала на компьютер. В течение 5–15 минут контакта электрода с почвой наблюдались значительные колебания активности ионов. По прошествии этого времени система приходила к равновесию, и кривая выходила на постоянное значение. Ошибка при определении активности анионов хлора составляла 10 %, катионов калия на больших концентрациях соли 10 %. На малых концентрациях соли она возрастает до 20 %.

Результаты и их обсуждение

Было изучено влияние содержания солей хлорида калия, хлорида кальция и ортофосфата калия в различных почвах на ДАП, возникающие между почвами, содержащими и не содержащими солей. Данные соли были выбраны из-за различной адсорбционной способности составляющих их катионов и анионов. Результаты представлены на графиках (рис. 1–3).

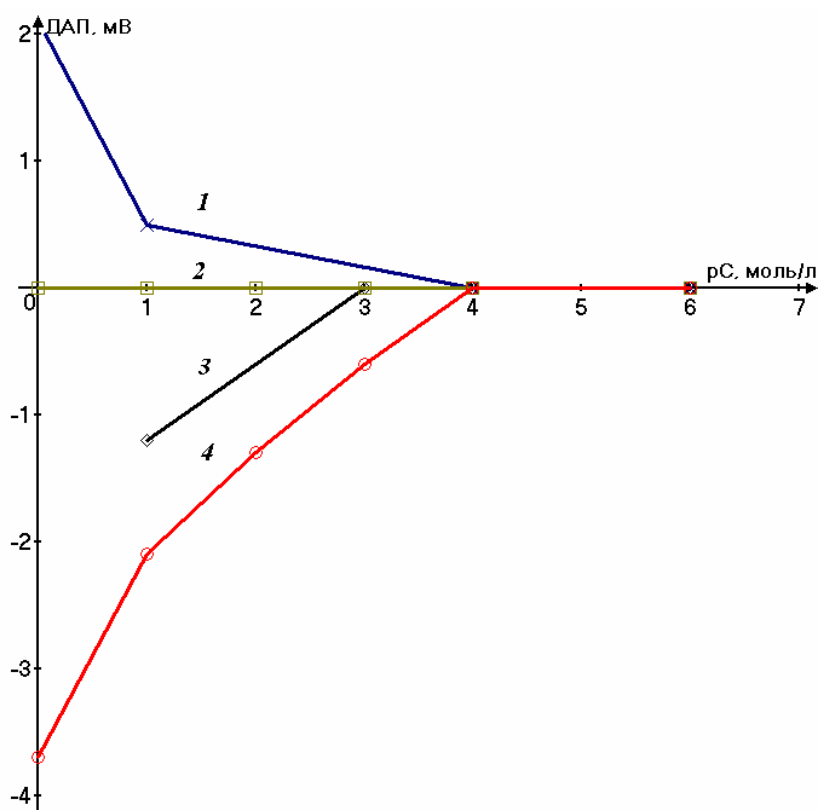


Рис. 1. ДАП, возникающий между образцами почв, в одной из которых почвенный раствор содержит разные количества хлорида калия. (Положительный электрод расположен в почве, не содержащей солей) 1 – тепличный субстрат – тепличный субстрат (С); 2 – дерново-подзолистая почва – дерново-подзолистая почва (С); 3 – торфяная почва – торфяная почва (С); 4 – чернозем – чернозем (С)

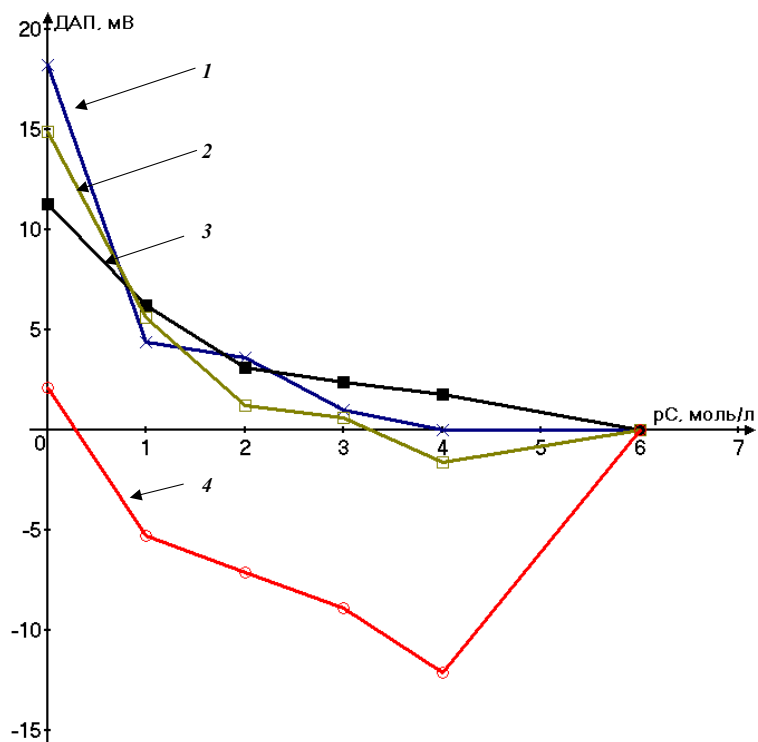


Рис. 2. ДАП, возникающий между образцами почв, в одной из которых почвенный раствор содержит разные количества хлорида кальция. (Положительный электрод расположен в почве, не содержащей солей) 1 – тепличный субстрат – тепличный субстрат (С); 2 – дерново-подзолистая почва – дерново-подзолистая почва (С); 3 – торфяная почва – торфяная почва (С); 4 – чернозем – чернозем (С)

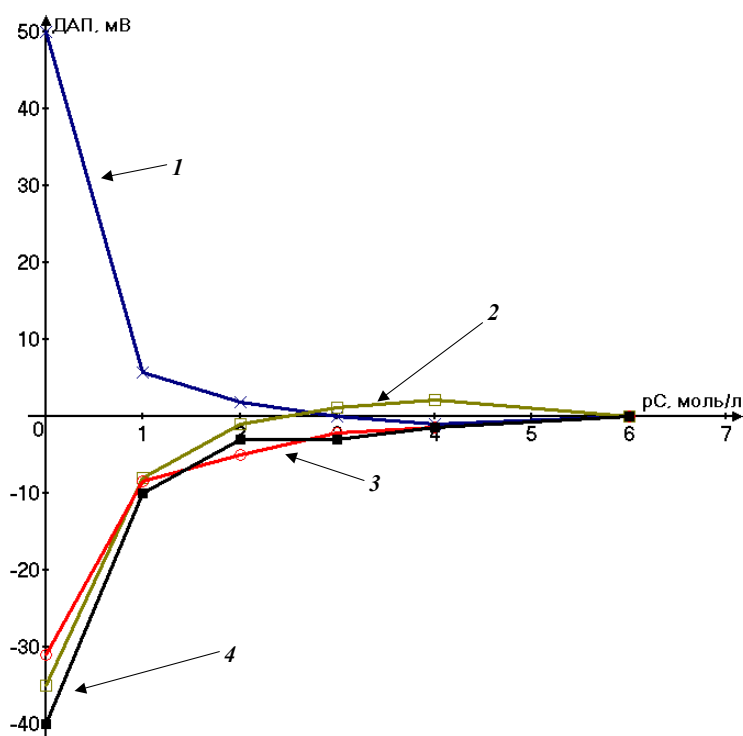


Рис. 3. ДАП, возникающий между образцами почв, в одной из которых почвенный раствор содержит разные количества ортофосфата калия. (Положительный электрод расположен в почве, не содержащей солей) 1 – тепличный субстрат – тепличный субстрат (С); 2 – дерново-подзолистая почва – дерново-подзолистая почва (С); 3 – торфяная почва – торфяная почва (С); 4 – чернозем – чернозем (С)

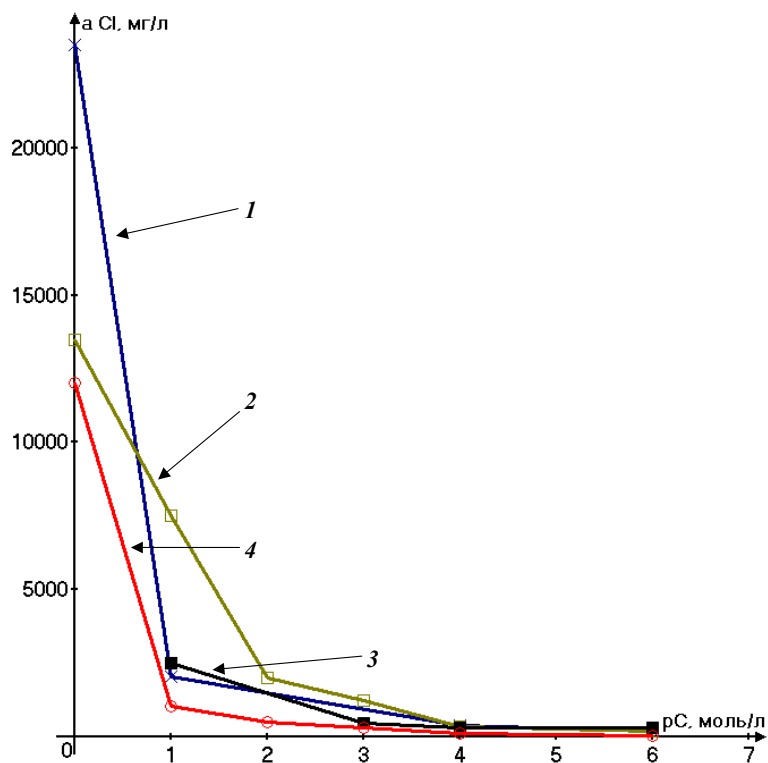


Рис. 4. Изменение активности анионов хлора в зависимости от содержания хлорида калия в почвенном растворе в различных почвах. 1 – тепличный субстрат; 2 – дерново-подзолистая почва; 3 – торфяная почва; 4 – чернозем

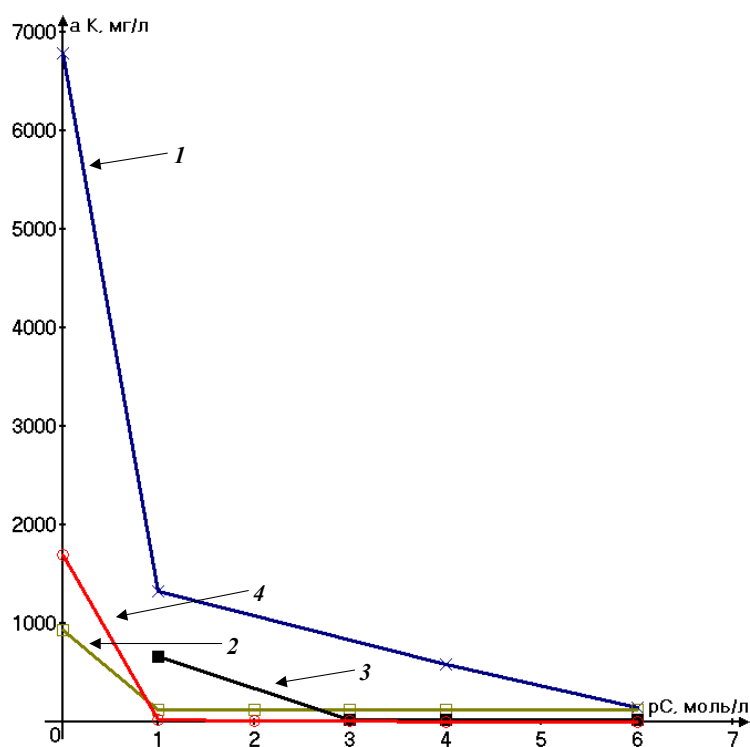


Рис. 5. Изменение активности анионов калия в зависимости от содержания хлорида калия в почвенном растворе в различных почвах. 1 – тепличный субстрат; 2 – дерново-подзолистая почва; 3 – торфяная почва; 4 – чернозем

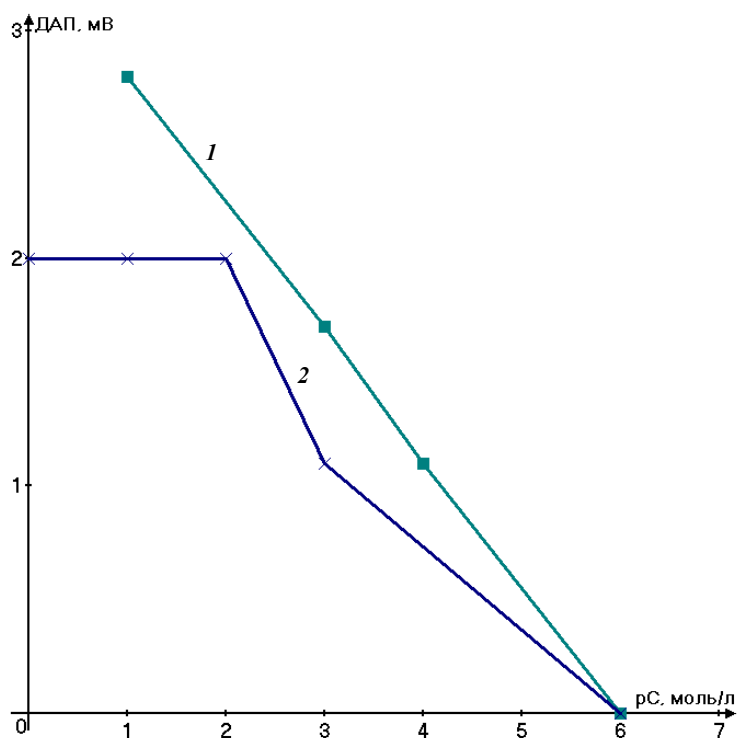


Рис. 6. ДАП между дерново-подзолистой и торфяной почвами. (Положительный электрод расположен в дерново-подзолистой почве) 1 – меняется содержание хлорида калия в почвенном растворе в торфяной почве; 2 – меняется содержание хлорида калия в почвенном растворе в дерново-подзолистой почве

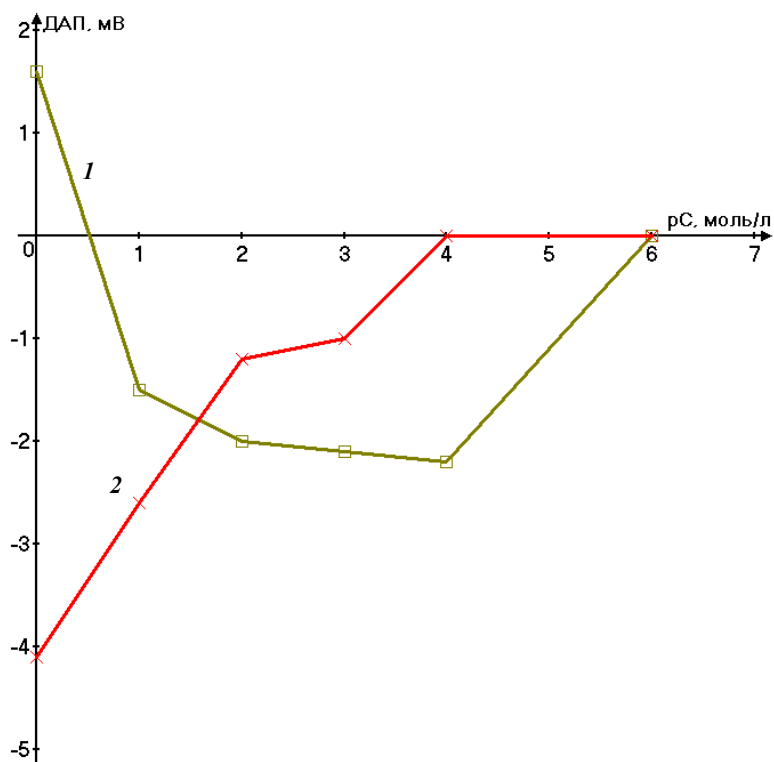


Рис. 7. ДАП между дерново-подзолистой почвой и черноземом. (Положительный электрод расположен в дерново-подзолистой почве) 1 – меняется содержание хлорида калия в почвенном растворе в черноземе; 2 – меняется содержание хлорида калия в почвенном растворе в дерново-подзолистой почве

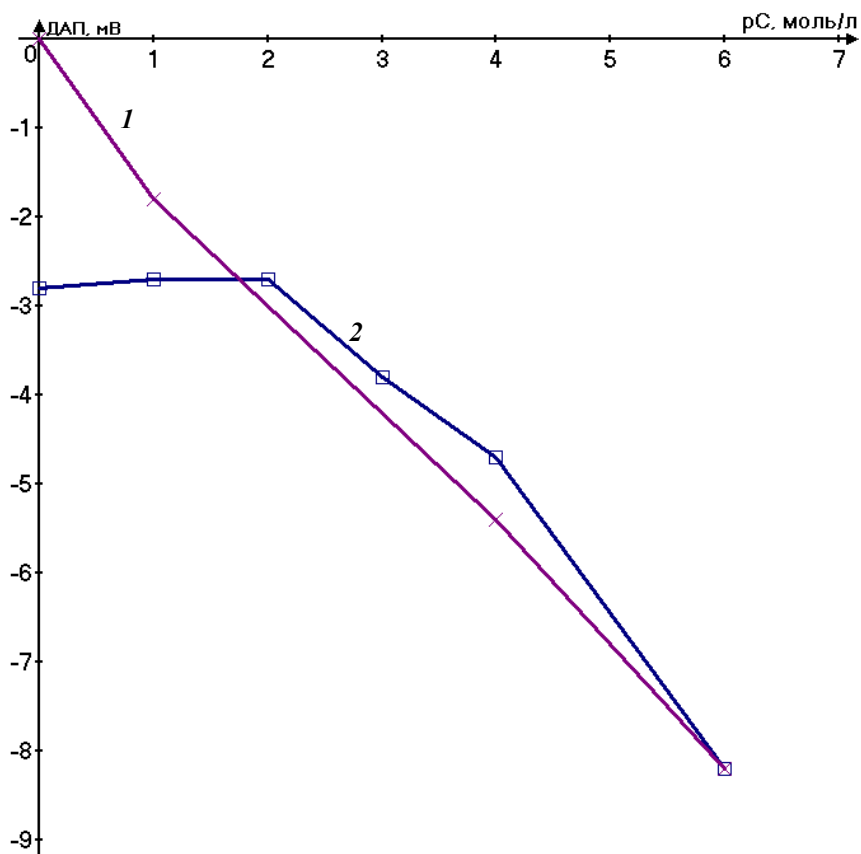


Рис. 8. ДАП между тепличным субстратом и черноземом. (Положительный электрод расположен в тепличном субстрате) 1 – меняется содержание хлорида калия в почвенном растворе в черноземе; 2 – меняется содержание хлорида калия в почвенном растворе в тепличном субстрате

Из полученных данных хорошо видно, что если бы величина ДАП определялась только активностью катионов, то для всех почв для всех изученных солей наблюдались бы ДАП одного знака, так как при подобном подходе не важно, за счет какой соли увеличивается активность катионов. Однако для фосфата калия в дерново-подзолистой и торфяной почвах наблюдается отрицательный ДАП, а для хлорида кальция на этих почвах – положительный ДАП.

Кроме того, было изучено изменение активности калия и хлора в почвах в зависимости от содержания хлорида калия (рис. 4, 5) и проведено определение ДАП между почвами, содержащими разные количества хлорида калия (рис. 6, 7, 8). Исходя из того, что ДАП должен быть пропорционален логарифму отношения активностей ионов, определяющих ДАП, были построены соответствующие зависимости отдельно для ио-

нов калия и совместные зависимости для ионов калия и хлора. В обоих случаях они не совпали даже на качественном уровне с результатами, полученными прямыми измерениями ДАП между почвами. Объяснить это можно, только разобрав в деталях сам процесс измерения.

Ионселективный электрод изменяет свой потенциал в зависимости от активности определенного иона. Наличие структуры и ее изменения влияют только на активность ионов. При проведении измерений в растворах хлорсеребряный электрод с солевым мостиком выполняет роль «нуля» (электрода сравнения), так как в растворе его потенциал не меняется. Совершенно другая картина наблюдается в коллоидных системах. Потенциал электрода сравнения зависит от концентрации коллоидных частиц в системе (эффект Палмана – Лузье) [7], следовательно, структуры ОМГ. Соли изменяют актив-

ность ионов (меняется потенциал ионселективного электрода), но одновременно они изменяют структуру ОМГ, меняя потенциал электродов сравнения. Поэтому определение активности даже всех ионов, присутствующих в почвах, не дает возможности рассчитать ДАП.

Таким образом, структуры ОМГ изменяются под влиянием солей, что хорошо известно из коллоидной химии, а проведенные эксперименты еще раз подтвердили влияние структур ОМГ на ДАП между почвами.

Обратимся еще раз к данным по влиянию солей на ДАП (рис. 1–3). Они вызывают ряд вопросов, в частности, о применимости правила лиотропных рядов к почвам. Из экспериментальных данных для торфяной и дерново-подзолистой почв следует, что при контакте почв, одна из которых содержит фосфат калия, из нее в почву, не содержащую соли, переходят преимущественно анионы (заряжается отрицательно). Для хлорида кальция переходят преимущественно катионы (заряжается положительно), хотя хорошо известно, что адсорбционная способность фосфат ионов выше, чем у ионов хлора, а у ионов кальция выше, чем у ионов калия. Если бы все определялось только разностью адсорбционных способностей катионов и анионов, то для хлорида кальция и фосфата калия наблюдались бы обратные зависимости. Направленность ДАП в черноземе и тепличном субстрате вообще не зависит от вида катионов и анионов солей. Чернозем для всех рассмотренных нами солей лучше удерживает катионы, а тепличный субстрат – анионы. В результате наблюдается кажущееся невыполнение правила лиотропных рядов, применимое только для процессов адсорбции.

Все это позволяет говорить о том, что избыточные катионы и анионы из солей удерживаются в почвах не твердой фазой, а структурой геля, которая меняется под влиянием солей. По этой причине возникающие в почвах потенциалы правильнее называть диффузионно-сорбционными потенциалами (ДСП).

Вышеизложенное свидетельствует о том, что возникновение ЕЭП в почвах связано с различной сорбцией катионов и анионов в структурах ОМГ.

Рассмотрим проблему с практической точки зрения. Для создания ДСП нужной величины и направленности удобно повышать концентрацию солей в нижних слоях почвы. В этом случае при поливах избыточные соли будут постепенно вымываться, а ДСП – снижаться. Регулируя интенсивность поливов, можно добиться длительного существования ДСП. Проведенные эксперименты позволяют выбрать соли, концентрацию которых в нижележащих слоях надо увеличить, чтобы создать ДСП с положительным зарядом в верхних слоях почвы. Для тепличного субстрата это любая соль, но наиболее эффективно будет действовать фосфат калия. Для торфяной и дерново-подзолистой почв это хлорид кальция, а для чернозема для получения ДСП той же ориентации нужно повышать содержание солей в верхнем слое почвы.

Обращает на себя внимание совпадение параметров систем, приводящих к появлению в нижних почвенных слоях отрицательного заряда, с природными условиями, в которых образуются и существуют те или иные почвы. Там, где господствует промывной режим, содержание солей должны быть повышено в нижних слоях, а в черноземе – в верхних.

Попытаемся рассмотреть в динамике процессы, происходящие в почвах в реальных условиях с позиций наличия в почвах ОМГ и приводящие к возникновению ДСП в условиях промывного режима.

При образовании гумуса возможно образование гуминовых кислот с различным зарядом поверхности коллоидных частиц, то есть кислот, имеющих различный потенциал поверхности. Электрокинетические потенциалы для таких частиц также будут отличаться, и, следовательно, частицы с большим зарядом поверхности будут в большей степени пептизироваться и выноситься в нижние горизонты почв. В результате в верхних почвенных горизонтах должны накапливаться

коллоидные частицы с меньшим дзета-потенциалом по сравнению с нижними почвенными горизонтами. В подобных условиях в верхних горизонтах должны преобладать ПКС локального типа, а в нижних горизонтах равновесие должно смещаться в сторону образования ПКС ограниченного объема, что, по-видимому, и приводит к большей активности катионов и появлению отрицательного потенциала в нижних слоях почв по сравнению с верхними слоями.

При движении пептизированных частиц их двойной электрический слой, по-видимому, обогащается одновалентными катионами, активность которых в почвенном растворе трансмиссионных пор выше, чем двухвалентных. В результате происходит обогащение нижележащих почвенных слоев одновалентными катионами. В подобных условиях весьма вероятно образование горизонтов, в которых активность катионов обоих типов будет больше, чем в вышележащих.

Дополнительно действует еще один фактор, усиливающий образование ПКС ограниченного объема в иллювиальных горизонтах. Уменьшение водопроницаемости почвенных слоев, содержащих ПКС ограниченного объема, стимулирует появление анаэробных условий, переход железа из степени окисления 3 в степень окисления 2 (глееобразование) и его растворение, что уменьшает гетерокоагуляцию, усиливая пептизацию коллоидных частиц.

В анаэробных условиях процессы окисления должны приводить к постепенному снижению дзета-потенциала коллоидных частиц гумуса нижних горизонтов и уменьшению величин ДСП между ними и верхними горизонтами. Концентрации ионов за счет диффузии должны постепенно выравниваться, поэтому если бы произошел переход от открытой системы к закрытой, ЕЭП весьма вероятно исчезли бы и только

перемещение коллоидных частиц и солей сверху вниз с водными потоками поддерживает ДСП в почвах на определенном уровне.

Выводы

1. ЕЭП в почвах возникают в результате сорбции как катионов, так и анионов структурами ОМГ.

2. ЕЭП нужной величины и направленности можно создавать, изменяя концентрацию солей в различных почвенных слоях.

3. Почвообразовательные процессы при промывном режиме приводят к возникновению ЕЭП в почвах по диффузионно-сорбционному механизму с возникновением в нижних почвенных слоях отрицательного потенциала.

Список литературы

1. Вендельштейн Б.Ю. О природе диффузионно-адсорбционных потенциалов // Прикладная геофизика: Сб. – М.: ГНТИ нефтяной и горно-топливной литературы, 1960. – Вып. 26. С. 186–217.
2. Дахнов В.Н., Кобранова В.Н. Новые данные о природе естественных электрических полей в скважинах: Сб. тр. Московского нефтяного института, 1947. – Вып. 5. – С. 117–126.
3. Березин П.Н., Кипнис В.М. О механизме формирования естественных электрических полей и их влиянии на почвенные процессы // Вестник МГУ, сер.17. – 1978. – № 2. – С. 15–19.
4. Вадюнина А.Ф., Поздняков А.И. О причинах формирования естественного электрического поля в почве и его природе // Почвоведение. – 1977. – № 3. – С. 57–68.
5. Федотов Г.Н. и др. Влияние коллоидной структуры органоминерального геля на свойства почв: Докл. Академии наук России / Ю.Д. Третьяков, А.И. Поздняков, Д.В. Жуков, Е.И. Пахомов. – М., 2004. – Т. 394. – № 2.
6. Федотов Г.Н. и др. Роль органоминерального геля в формировании естественных электрических полей в почвах: Докл. Академии наук России / Ю.Д. Третьяков, А.И. Поздняков, Д.В. Жуков, Е.И. Пахомов. – М., 2003. – Т. 393. – № 4.
7. Кройт Г.Р. Наука о коллоидах. – М., 1955. – 539 с.

БОНИТИРОВКА ПОЧВ ЛЕСНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Л.Б. ВОСТОКОВА, *ст. науч. сотр. каф. земельных ресурсов и оценки почв факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, канд. биол. наук,*

Н.Г. ШИШКИНА, *доц. каф. почвоведения МГУЛа, канд. биол. наук,*

Н.В. ОРЕШНИКОВА, *науч. сотр. каф. географии почв факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, канд. биол. наук*

Лесная зона занимает центральную часть Западно-Сибирской низменности, на севере граничит с зоной лесотундры, на юге – с зоной лесостепи. Территория отличается большим разнообразием природных условий: растительности, гидрографии, почвообразующих пород, почв.

Климат лесной зоны континентальный, достаточно влажный, количество осадков колеблется с севера на юг от 400 до 550 мм с режим летним максимумом, испарение 400–450 мм/год, средняя t^0 января – минус 20–24 0 С (максимум 0 0 С, минимум – минус 59 0 С); сумма $t^0 > 10^0$ С составляет с севера на юг 1000–1400 0 С; средняя продолжительность безморозного периода – 90–133 дня; высота снежного покрова 180–220 мм.

Территория лесной зоны Западной Сибири – это плоская низменная равнина с абсолютными высотами 30–50 м, за исключением отдельных возвышенностей: Белогорской, Северо-Сосьвенской, Верхне-Тазовской, где абсолютные высоты достигают 150–200 м; относительные высоты в центральной части зоны 5–10 м и только на возвышенностях доходят до 25–50–100 м, редко более 100 м. Вследствие этого территория характеризуется слабым развитием дренажной сети, необыкновенно сильной заболоченностью: почти все междуречные пространства, поверхности надпойменных террас и пойм испещрены бесконечным числом озерных впадин, проточных и бессточных, обычно овальной формы, термокарстового, суффозионного и иного происхождения. Хорошо дренированные участки приурочены преимущественно к отдельным возвышенностям и придолинным полосам междуречных равнин.

Для территории характерна густая древовидная речная сеть. Основными водными артериями являются Обь, Иртыш и их многочисленные притоки. На территории лесной зоны это типично равнинные реки, широкие поймы которых изобилуют старицами, протоками и озерами. Кроме того, много малых рек и озер, русла рек слабо врезаны, характерна большая извилистость. Из-за крайней выровненности рельефа, малых углов наклона и сильной заболоченности водоразделы между отдельными реками и озерами выражены недостаточно четко. Вследствие этого дренируется лишь небольшая придолинная часть территории. Озера здесь приурочены в основном к долинам рек. Плоский рельеф, небольшой эрозионный врез, наличие вечной мерзлоты замедляют как поверхностный, так и подземный сток. Питание рек здесь в основном грунтово-болотное и дождевое.

В пределах лесной зоны Западной Сибири различают 4 подзоны: северную, среднюю, южной тайги и мелколиственных лесов.

Подзона северной тайги характеризуется преобладанием лиственных и лиственно-еловых редкостойных лесов с лишайниковым напочвенным покровом. Мхи занимают второстепенное место, зато широко распространены гипоарктические кустарнички – водяника, багульник, голубика, карликовая березка. Сомкнутые леса развиты по долинам рек и дренированным склонам. В виде примеси здесь встречаются кедровые и сосновые леса, в которых доминирует сосна. Болота широко развиты и преобладают над лесами. Преимущественно это сфагновые крупно- и плоскобугристые болота.

В подзоне средней тайги преобладают сомкнутые темнохвойные леса из кедра, ели, пихты. В напочвенном покрове господствуют зеленые мхи, в травяно-кустарничковом ярусе – брусника, черника. Распространены также вторичные темнохвойно-сосновые и темнохвойно-мелколиственные зеленомошные леса; на песках – сосновые лишайниковые леса; небольшими участками, чаще в виде примеси, встречаются лиственничные леса. Болота имеют меньшее распространение – это сфагновые грядово-мочажинные и грядово-озерковые верховые.

Подзона южной тайги отличается широким распространением вторичных темнохвойно-мелколиственных травяных и мелко-травяно-зеленомошных лесов. Эти леса приурочены к хорошо дренируемым приречным участкам и речным долинам. Пихты здесь мало, хотя она и является основной породой южной тайги. В травяном покрове преобладает мелкотравье (на севере) и широкоотравье – в южной части подзоны; в подлеске – липа. Болота занимают значительные площади, но они в основном осоково-гипновые и осоковые.

В подзоне мелкоколиственных лесов господствуют травяные березняки и осинники. В подлеске и во втором ярусе – липа. В травяном покрове – виды, характерные для широколиственных лесов с примесью опушечных и луговых видов. Местами такие березняки с густым травянистым покровом имеют парковый характер. На песках широко распространены сосновые леса. Значительные пространства занимают суходольные злаково-разнотравные луга, часто вторичные, местами заболоченные. Болота, преимущественно низинные, занимают здесь значительно меньшие площади, чем леса и луга.

Речные долины в пределах лесной зоны заняты лесами и болотами. Поемные луга встречаются редкими небольшими участками и преобладают только в поймах и долинах Оби и Иртыша. Это преимущественно злаковые, злаково-осоковые, канареечниковые, осоково-канареечниковые, вейниковые, разнотравно-злаковые и разнотравно-злаково-осоковые луга, приуроченные к межгрядным понижениям. Эти луга

часто в той или иной степени закустарены. Здесь встречаются чаще всего ивняки и пойменные мелкоколиственные леса.

Почвообразующими породами лесной зоны являются в основном четвертичные отложения, представленные ледниковыми (морена и флювиогляциальные отложения), озерно-ледниковыми, аллювиальными и озерно-аллювиальными отложениями. Моренные отложения – преимущественно грубые, плохо отсортированные супеси и суглинки с беспорядочными включениями гравия, гальки и валунов метаморфических и изверженных пород Урала и Сибирской платформы. Максимальная мощность морены – более 100 м, минимальная – до 10 м.

Флювиогляциальные отложения представлены мелко-средне- и разнотравными песками с включениями гравийно-галечникового материала. Средняя мощность флювиогляциальных отложений 10–15 м. Моренные и флювиогляциальные отложения встречаются совместно и неоднократно переслаиваются.

Озерно-ледниковые отложения представлены в основном ленточными слоистыми алевролитистыми супесями и суглинками.

Аллювиальные и озерно-аллювиальные отложения имеют широкое распространение на всей территории лесной зоны. Они слагают надпойменные террасы и поймы. Аллювий представлен в основном песками с включениями валунно-галечниковых прослоек, супесчано-суглинистыми отложениями с включениями растительных остатков и торфа. Озерно-аллювиальные отложения представлены супесчано-суглинистыми озерными осадками.

В результате сложного взаимодействия на территории лесной зоны зональных биоклиматических и азональных литолого-геоморфологических факторов изменения хода элементарных почвообразовательных процессов, вследствие разнообразия минералогического и гранулометрического состава сформировался широкий диапазон почвенных типов, подтипов, родов и видов почв.

Отличительной чертой почвенного покрова лесной зоны является множество в различной степени заболоченных почв, состав-

ляющих до 60–80 % территории, приуроченных, главным образом, к северной и средней тайге. Большие площади заболоченных почв находятся и в южнотаежной подзоне. Признаки гидроморфизма – оглеение почвенного профиля и поверхностное оглеение – широко развиты даже в почвах, формирующихся в плакорных условиях. Такое широкое развитие гидроморфизма объясняется характером климата с резким максимумом летних осадков, превышением их над испарением, наличием вечной мерзлоты, медленным оттаиванием почво-грунтов, пониженным испарением в результате повышенной влажности воздуха над сильно обводненной территорией, особенностями рельефа и состава почвообразую-

щих пород. Слабая дренирующая роль речной сети и почвообразующих пород способствуют застою почвенно-грунтовых вод на междуречьях и формированию устойчивой верховодки над водоупорными слоями.

Современные биоклиматические особенности территории лесной зоны способствовали также и сохранению в почвах ряда реликтовых признаков: остаточной солонцеватости, осолодения, реликтовых горизонтов с древесными остатками; признаков палеогидроморфизма – ожелезненности и глееватости – в почвах северной и средней тайги, второго гумусового горизонта и остаточной осолоделости – в подзолистых и дерново-подзолистых почвах южной тайги.

Т а б л и ц а 1

Почвы	Балл бонитета
Таежные глеево-дифференцированные (глееземы) и слабо-глеевые дифференцированные, в том числе оподзоленные таежные	15
Таежные глеевые и глееватые недифференцированные (глееземы таежные)	16
Таежные глеевые торфянисто-перегнойные (глееземы торфянисто-перегнойные таежные)	8
Таежные глеевые гумусово-перегнойные	6
Торфянисто- и торфяно-глеевые болотные (глееземы торфянистые и торфяные болотные)	4
Торфяно- и торфянисто-подзолисто-глеевые	13
Торфяные болотные верховые	0
Торфяные болотные переходные	1
Торфяные болотные низинные	2
Глееподзолистые	4
Подзолы глеевые торфянистые и торфяные иллювиально-гумусовые	5
Подзолы иллювиально-железистые мало- и многогумусные	7
Подзолистые глубокоглееватые и глеевые	15
Подзолистые поверхностно-глееватые	7–9
Подзолистые (неглубокоподзолистые)	26–33
Дерново-подзолисто-глеевые со вторым гумусовым горизонтом	26–40
Дерново-подзолистые со вторым гумусовым горизонтом	23–35
Дерново-глеевые и перегнойно-глеевые	51
Дерново-глеевые оподзоленные	49
Дерново-карбонатные выщелоченные и оподзоленные	67
Дерново-подзолистые	37
Дерново-подзолистые иллювиально-железистые	39
Буро-таежные (буроземы грубогумусовые)	47
Светлосерые лесные	46
Серые лесные	63
Серые лесные осолоделые	52
Темносерые лесные	85
Лугово-черноземные	60
Луговые	78–80
Луговые солонцеватые и солончаковатые	53
Лугово-болотные	36
Пойменные слабокислые и нейтральные	52
Пойменные заболоченные	34
Пойменные кислые	31–37

Вследствие всего этого почвенный покров лесной зоны Западной Сибири представлен в соответствии с легендой Почвенной карты РСФСР м-ба 2,5 млн (1988г.) следующими почвами (табл. 1).

Наибольшее распространение на территории северной и средней тайги получили два типа автоморфных почв: 1) таежно-поверхностно-глеевые, сформировавшиеся в плакорных условиях при глубоком залегании грунтовых вод на глинистых и суглинистых породах, 2) подзолы, сформировавшиеся в таких же условиях, но на песчаных породах. При равных климатических и геоморфологических условиях в первом случае происходит периодическое застаивание поверхностных вод, что способствует протеканию в верхней части почвенной толщи глеевого процесса. Во втором случае пески обеспечивают хороший внутренний дренаж и промывной режим, что способствует протеканию подзолообразовательного процесса.

В зависимости от интенсивности глеевого процесса, сочетанием его с подзолистым среди таежно-поверхностно-глеевых почв выделяется несколько подтипов и видов. Эти почвы формируются под листовечно-еловым редколесьем с кустарничковым покровом, хвойной тайгой и елово-кедровыми лесами на тяжелых по механическому составу почвообразующих породах с постоянно идущим интенсивным глеевым процессом по всему профилю почвы, что обеспечивает интенсивно-сизую, серо-сизую и ржаво-охристую окраску профиля. Кратковременно протекающий подзолообразовательный процесс, сменяющий глеевый, в период летнего просыхания верхней части профиля приводит к элювиально-иллювиальному перераспределению железа и алюминия, появлению кремнеземистой присыпки и формированию внутри типа таежно-поверхностно-глеевых почв подзолисто-элювиально-глеевых и глееватых.

Все почвы характеризуются кислой реакцией, ненасыщенностью основаниями, малой гумусированностью, фульватным характером гумуса.

Подзолы северной и средней тайги приурочены к повышенным элементам рельефа

и формируются на отложениях легкого механического состава – песках разного генезиса. Они развиваются под светлохвойной тайгой – сосновыми и листовечно-сосновыми лишайниковыми и мохово-лишайниковыми лесами, местами с кустарничковым ярусом из брусники, черники. Это иллювиально-железистые и иллювиально-гумусовые подзолы. Они имеют хорошо выраженный морфологический профиль, дифференцированный на генетические горизонты. Почвы кислые, бедны гумусом (кроме иллювиально-гумусовых подзолов, более гумусированных), сильно ненасыщены основаниями, отличаются значительным содержанием оксидов железа и алюминия, распределение которых по профилю имеет отчетливый элювиально-иллювиальный характер. При наложении глеевого процесса формируются подзолы глеевые, глееватые, торфянистые и торфяные, приуроченные к выровненным слабодренированным пространствам междуречий, западинам, с более близким залеганием грунтовых вод (до 1 м).

Почвы подзолистого типа на суглинистых породах формируются главным образом в южной части средней тайги под темнохвойными мохово-кустарничковыми лесами на высоких дренированных поверхностях междуречий.

Это типично подзолистые поверхностно- или глубокоглееватые и глеевые почвы. Часто сильноподзолистые почвы имеют второй гумусовый (реликтовый) горизонт, наиболее хорошо выраженный в почвах полугидроморфного ряда. Почвы кислые, сильно ненасыщены основаниями, имеют хорошо выраженную элювиально-иллювиальную дифференциацию на горизонты по химическим свойствам.

Почвы южной тайги представлены преимущественно дерновоподзолистыми, часто со вторым гумусовым горизонтом. Формируются под темнохвойными лесами с примесью листовенных пород березы и липы с травянистым и мохово-травянистым покровом, в плакорных условиях с глубоким залеганием грунтовых вод на лесовидных суглинках, подстилаемых песками, или дву-

членных отложениях и песчаных породах. Суглинки иногда содержат карбонаты. Почвы имеют хорошо дифференцированный профиль, под влиянием верховодки часто с признаками оглеения. Поверхностно-глееватые, глеевые, глееватые почвы кислые по всему профилю, ненасыщенные основаниями. Дифференциация химического состава профиля свойственна почвам подзолистого типа. Содержание гумуса значительно – 2–3 %, гумус фульватного типа.

Дерново-подзолистые иллювиально-железистые почвы, формирующиеся на мощных песчаных отложениях речных террас, под сосновыми лесами с разреженной травянистой растительностью, имеют слабодифференцированный профиль, малогумусны, имеют слабокислую реакцию, малую емкость обмена. В самой южной части лесной зоны, на границе с лесостепью, под березовыми лесами в приречных полосах на легкосуглинистых породах формируются серые лесные почвы, хорошо гумусированные (3–6 %), со слабокислой реакцией верхней части профиля, нейтральной и слабощелочной – в нижней.

Широкое распространение на территории лесной зоны имеют болотные почвы. Это торфянисто- и торфяно-глеевые, торфяные и лугово-болотные. Они различаются по мощности органогенного горизонта и условиями его формирования. Большинство болотных массивов отличается чрезвычайной неоднородностью почвенного покрова. Частая пространственная смена почв с разной мощностью органогенного горизонта, различной степенью его разложения, множество озер и мочажин приводит к резко выраженной комплексности болотных почв. В северной и средней тайге преобладают бугристые болота со сложным комплексом торфяных почв, на верховых торфяниках по буграм. В понижениях между буграми почвы торфянисто- и торфяно-перегнойно-глеевые. В южной тайге широкое распространение получили болотные комплексы на мощных торфяниках, грядово-мочажинные и гипновоосоковые болота с торфянисто- и торфяно-перегнойно-глеевыми почвами.

Значительные площади на территории лесной зоны Западной Сибири имеют пойменные почвы: дерновые слоистые, дерновые, дерново-луговые и лугово-болотные. Формирующиеся под влиянием паводковых вод и поверхностного стока окружающей территории, они приобретают некоторые черты зональности, проявляющиеся прежде всего в реакции почв – кислые, слабокислые и нейтральные.

Особенности условий почвообразования и почвенного покрова на территории лесной зоны отражены в работах по природно-сельскохозяйственному и почвенно-географическому районированию территории Западной Сибири и на карте почвенно-географического районирования СССР масштаба 1:8 млн (1986).

Дальнейшая детализация характерных особенностей условий почвообразования, почв и почвенного покрова связана с работами по почвенно-экологическому районированию территории Западной Сибири и выделению почвенно-экологических округов. Результаты этих работ будут отражены на карте почвенно-экологического районирования азиатской части РФ.

Логическим завершением работ по почвенно-экологическому районированию является бонитировка почв, то есть сравнительная качественная оценка потенциального плодородия почв, предполагающая составление бонитировочной шкалы для всех типов почв лесной зоны Западной Сибири.

При проведении бонитировки почв лесной зоны использована разработанная ранее методика оценки почвенного покрова Нечерноземья [3], а также работы по бонитировке почв Западной Сибири Н.Ф. Тюменцева, В.А. Хмелева, И.И. Гантимура и др.

Систематический список почв для оценки составлен в соответствии с легендой Почвенной карты масштаба 1:2,5 млн (1985) По Тюменцеву (1975) такая оценка является оценкой по 5-му разряду, то есть обычная бонитировка почв независимо от их хозяйственного использования и вида угодий. Такая бонитировка является самой простой и доступной.

В качестве ведущих диагностических признаков приняты:

1. Гранулометрический состав – литогенная основа почвы. Влияние его на урожай растений проявляется главным образом через свойства почв – агрофизические и агрохимические. Особенностью гранулометрического состава является криволинейный характер связей с урожайностью. В зависимости от типовой принадлежности почвы влияние гранулометрического состава на урожай будет различным – в зоне дерново-подзолистых почв наиболее благоприятным для растений будет средне- и легкосуглинистый гранулометрический состав, в зоне черноземов и темно-серых лесных почв – тяжелосуглинистый и глинистый. Отклонение в сторону опесчанивания или оглинения вызывает нарушение окислительно-восстановительных условий, режима увлажнения, изменение гумусированности, запасов элементов питания.

2. Содержание гумуса в % или т/га в слое 0–20, 0–50, 0–100 см или в прогумусированной толще – биогенная основа почвы: в гумусе сосредоточен энергетический потенциал почвообразования, отражающий накопление и расход перегноя. Гумус служит агрофизической и агрохимической основой плодородия и представляет собой интегральный показатель положительных свойств почвы.

Химические, физико-химические, агрохимические и агрофизические свойства почв, емкость поглощения, состав почвенного поглощающего комплекса, сумма поглощенных катионов, подвижные формы питательных веществ, водные и биологические свойства – являясь производными от гумуса, находятся с ним в тесной корреляционной связи, которая доказана в настоящее время многими исследователями для различных регионов страны. Наличие же устойчивой корреляции между гумусом и производными от гумуса свойствами почв делает возможным проведение бонитировки почв только на основе содержания гумуса, являющегося в сущности отражением многовековой урожайности растений. Такой подход позволяет проводить бонитировку почв всех угодий и всех регионов по единому принципу.

При бонитировке почв учитывались и так называемые автономные свойства почв: гидрогенные (заболочивание), галогенные (засоленность, солонцеватость), геологические (эродированность, каменистость). Влияние этих свойств на качество почв учитывается через поправочные коэффициенты. В настоящей работе использовались поправочные коэффициенты, разработанные непосредственно Тюменцевым Н.Ф. или используемые им при бонитировочных исследованиях Западной Сибири.

Таким образом, для составления бонитировочной шкалы почв лесной зоны Западной Сибири в качестве ведущих диагностических признаков взяты главные свойства почвы – гумус (% и т/га), гранулометрический состав почв (сумма частиц физической глины в %), некоторые производные свойства почв (сумма поглощенных оснований, степень насыщенности основаниями), а также учтены автономные свойства (поправочные коэффициенты на заболоченность, засоленность, солонцеватость, каменистость). В тех случаях, когда в качестве оценочного признака брали содержание гумуса в %, дополнительно учитывалась мощность гумусового горизонта – один из важнейших оценочных признаков, по Докучаеву. Если же использовались запасы гумуса в почвах, то тем самым учитывалась и мощность гумусового горизонта.

За эталон был принят выщелоченный среднемогучий среднегумусный чернозем тяжелосуглинистый и глинистый – лучшая наиболее урожайная почва Западной Сибири, принятая Н.Ф. Тюменцевым за региональный бонитировочный стандарт. Это дало возможность использовать разработанные ранее региональные бонитировочные шкалы Западной Сибири для оценки почв лесной зоны методом экстраполяции при отсутствии или недостаточности аналитических материалов.

Таким образом, имея систематический список почв, аналитические и морфологические их характеристики по ведущим диагностическим признакам, эталонную почву для сравнения и вычисления баллов бонитета и поправочные коэффициенты на отрицательные свойства почв (засоление, гидромор-

физм, солончаковатость) или отклонения от типичности (гранулометрический состав), была составлена бонитировочная шкала почв лесной зоны Западной Сибири (см. табл. 1).

В результате проведенной бонитировки почв лесной зоны Западной Сибири установлено, что потенциальное плодородие почв северной тайги колеблется от 0 (верховые торфяные) до 16 баллов; средней тайги – от 23 до 63 баллов, южной тайги – от 24 (дерново-подзолистые) до 85 (темно-серые лесные).

Проведенная оценка потенциального плодородия почв и почвенного покрова территории лесной зоны Западной Сибири будет использована при составлении карты почвенно-экологического районирования Азиатской части территории России.

Список литературы

1. Атлас Тюменской области. – Москва; Тюмень, 1971.
2. Афанасьева Т.В., Василенко В.И. и др. Почвы СССР. – М.: Мысль, 1979.
3. Востокова Л.Б., Терешина Т.В., Шишкина Н.Г. Качественная оценка почвенного покрова Нечерноземья в системе почвенно-географического районирования // Проблемы природного и с.-х. районирования и типологии сельских местностей СССР: Сб. – М., 1989.
4. Гаджиев И.М., Овчинников С.М. Почвы средней тайги Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1977.
5. География, плодородие, бонитировка почв Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1984.
6. Карта почвенно-географического районирования СССР м-б 1:8 млн. – М.: ГУГК, 1986.
7. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Наука, 1977.
8. Почвенная карта РСФСР м-б 1:2,5 млн. – М.:ГУГК, 1988.

ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННЫХ ДОБАВОК И УДОБРЕНИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ЦВЕТОЧНЫХ КУЛЬТУР В КОНТЕЙНЕРАХ

И.Ю. БОЧКОВА, доц, каф. садово-паркового строительства МГУЛа,
М.В. ЦВЕТКОВА, асп. каф. садово-паркового строительства МГУЛа

В настоящее время большое распространение получило контейнерное озеленение, так как с его помощью можно оформить даже практически непригодные для озеленения территории. Уход за цветочными культурами в контейнерах осложнен, так как растения находятся в ограниченном объеме субстрата и по сравнению с растениями открытого грунта требуют более частого полива. Решить проблему повышения влажности почвы можно с помощью почвенных добавок. В городе не удается проводить своевременные подкормки, поэтому исследование влияния действия медленнодействующих удобрений на рост и развитие растений в контейнере является актуальным.

Эксперимент проводился в Измайловском совхозе в 2003 г. В качестве опытных растений использовался тагетес отклоненный сорт «Неро Orange». За основу был взят субстрат, который состоял из торфа, песка и мела (рН 6,5). В стандартный субстрат почвенные добавки и удобрения вносились по следующей схеме:

1. Контроль (стандартный субстрат).

2. Стандартный субстрат + гидрогель (10 г на 1 м²).
3. Стандартный субстрат + осмокот (100 г на 1 м²).
4. Стандартный субстрат + гумат натрия (3,3 г на 1 м²).
5. Стандартный субстрат + (гидрогель (10 г на 1 м²) + осмокот (100 г на 1 м²)).
6. Стандартный субстрат + кемира универсал 2 (100 г на 1 м²).

Выбор почвенных добавок обоснован следующими положениями:

- **кемира универсал 2**, **органоминеральные удобрения** – обеспечивают растения комплексным, полностью сбалансированным питанием;
- **гидрогель** может длительно обеспечивать растения влагой и улучшать свойства почвы;
- **биогумус** – обеспечивает растения питательными, биологически активными и другими полезными веществами;
- **гумат натрия, гумат калия** – стимулируют развитие корневой системы, улучшают

условия питания, ускоряют рост надземной части, а также благотворно влияют на активизацию процессов фотосинтеза, дыхания, увеличение фосфоорганических соединений;

– **осмокот** – медленнодействующее удобрение, обеспечивает бесперебойное питание растения необходимыми веществами в течение всего периода вегетации.

Выбор удобрений и почвенных добавок основан также на сведениях о способности данных удобрений и добавок снижать содержание тяжелых металлов в почве и уровень их концентрации в растениях.

Влияние почвенных добавок и удобрений опосредованно оценивалось по биометрическим показателям данных растений.

В табл. 1 представлены средние биометрические показатели, полученные за период вегетации.

Анализируя табл. 1, можно отметить, что лучшие показатели по высоте, диаметру растения и количеству цветов получились в вариантах: 2 (гидрогель), 3 (осмокот), 5 (гидрогель + осмокот), 6 (кемира универсал 2). Лучшие результаты по количеству цветков достигнуты в вариантах 2, 6, а по длине и ширине листовой пластины в вариантах 2, 5, 6.

По средним величинам биометрических показателей наилучший результат этих

показателей за период вегетации достигнут в вариантах: 2 (гидрогель), 5 (гидрогель + осмокот), 6 (кемира универсал 2); наихудшее состояние в вариантах: 1 (контроль) и 3 (осмокот).

Одним из показателей, с помощью которого можно получить объективную информацию об обеспеченности почвы биоэлементами и степени загрязнения тяжелыми металлами, является накопление этих элементов растениями.

Для определения содержания микроэлементов были отобраны почвенные и растительные образцы. В табл. 2 приведены данные по содержанию микроэлементов в растениях и взаимосвязи состояния растений (биометрические показатели с уровнями содержания микроэлементов в почве приведены в табл. 3).

Как видно из приведенных в этих таблицах данных, лучшие биометрические показатели наблюдаются у растений в вариантах 2 (гидрогель), 5 (гидрогель + осмокот), 6 (кемира универсал 2), при этом уровень содержания микроэлементов ниже, чем при плохих биометрических показателях. При худших биометрических показателях в варианте 1 (контроль) наблюдается наибольшее содержание большинства микроэлементов в сухой массе растений.

Т а б л и ц а 1

Средние биометрические показатели тагетеса отклоненного, полученные за период вегетации 2003 г.

Дата	17.07.2003						30.07.2003						14.08.2003					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Высота растения, см	13,31	16,56	15,19	14,19	17,13	16,13	18,56	25,50	18,38	21,81	22,53	22,22	20,13	28,22	24,53	23,31	24,06	25,06
Диаметр растения, см	15,34	17,81	17,44	13,63	22,97	18,25	19,00	20,44	20,00	19,75	24,69	20,75	19,54	21,06	20,88	19,75	24,88	25,94
Средний диаметр цветка, см	3,72	4,69	4,25	3,78	5,19	4,28	4,06	4,56	4,38	4,38	4,59	4,75	4,78	4,94	4,81	4,78	4,88	4,81
Кол-во цветков, шт	5,25	6,94	6,44	6,44	6,69	7,56	7,81	9,06	8,19	8,81	9,25	9,44	9,38	11,66	10,09	4,88	10,31	11,09
Длина листовой пластины, см	7,50	9,34	8,19	6,28	9,63	8,66	6,28	9,34	7,50	8,19	8,66	9,63	7,91	9,06	6,66	8,56	8,72	8,63
Ширина листовой пластины, см	5,16	6,25	5,97	4,53	7,16	5,66	4,53	5,97	5,16	5,41	6,25	7,16	4,66	5,56	5,56	5,59	5,88	6,38

Результаты анализа почв на микроэлементы

№ варианта	Микроэлементы мг/кг почвы							
	Ni	Pb	Zn	Mn	Cd	Cr	Cu	Fe
Хорошее состояние: 2	0,9	1,3	8,9	17,82	0,6	0,5	0,2	5,84
5	1,7	1,15	7,97	16,77	0,7	0,7	0,2	5,64
6	0,9	1,77	10	14,09	0,6	0,09	0,4	4,12
Нормальное состояние: 3	0,7	1,15	10,15	21,12	0,7	0,7	0,4	7,44
4	0,7	1,47	9,83	17,91	0,6	0,7	0,4	5,81
Плохое состояние: 1	10,6	2,07	13,45	22,52	0,9	0,9	0,5	6,79

Т а б л и ц а 3

Взаимосвязь биометрических показателей и содержания микроэлементов в растении

№ варианта	Микроэлементы, мг/кг сухой массы								
	Pb	Cu	Ni	Cd	Fe	Mn	Cr	Zn	Na
Хорошее состояние: 2-гидрогель	0,5	1,5	3,9	1,6	27,9	26,7	0,1	27	101,6
5-гидрогель+осмокот	3,8	0,6	3	2	57,9	27,5	0,5	20,3	161,5
6-кемира универсал 2	1,6	0,3	4,6	1,8	33,8	21,4	0,2	28,3	161,5
Нормальное состояние: 3-осмокот	4	1,5	4,4	4,3	63,1	64,8	1,3	28,8	192,6
4-гумат	5,4	1	3	2,5	62,3	40,2	0,6	33,2	161,5
Плохое состояние: 1-контроль	6,3	2,1	5,4	5,1	63,5	119,5	1,5	42,7	101,4

В заключение можно сделать вывод о том, что внесение удобрений и почвенных добавок положительно отражается на биометрических показателях растений, а также снижает содержание микроэлементов (большинство микроэлементов являются тяжелыми металлами, которые в больших концентрациях в почве оказывают угнетающее действие на растения), что, по всей видимости, взаимосвязано. Лучшие комбинации удобрений и добавок, рекомендуемые для цветочных культур в контейнерах следующие:

– гидрогель, который может длительное время удерживать влагу в почве, что крайне необходимо растениям при отсутствии возможности частого полива;

– гидрогель + осмокот – гидрогель помогает медленнодействующему удобрению: осмокот лучше усваивается растением и удерживает влагу в почве;

– кемира универсал 2 – обеспечивает растение комплексным питанием, т.е. всеми необходимыми элементами.

Список литературы

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Ленинград: ВО «Промиздат» Ленинградского отд-ие, 1987. – 142 с.
2. Большаков В.А. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах // Почвоведение. – 2002. – №7. – С. 44–49.
3. Володько И.К. Микроэлементы и устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды. – Минск: Наука и техника, 1983. – 192 с.
4. Зырин Н.Г., Обухов А.И. Принципы и методы нормирования (стандартизации) содержания тяжелых металлов в почве и в системе почва – растение // Бюллетень почвенного института им. В.В. Докучаева. – М.: 1983. – Вып. XXXV. – С. 7–11.
5. Попова А.А. Влияние органических и минеральных удобрений на состояние тяжелых металлов в почвах // Агрохимия. – 1991. – № 3. – С. 62–67.
6. Ратников А.Н., Жигарева Т.Л., Попова Г.Н. Гумат натрия снижает накопление радионуклидов в овощах. Как вырастить экологически чистую продукцию // Картофель и овощи. – 1996. – №4. – С. 10–11.
7. Ринькис Г.Я., Ноллендорф В.Ф. Сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами. – Рига: Зинатне, 1982. – 355с.

БИОФОТОННАЯ ЭМИССИЯ

М.Р. КОРОТКИНА, проф. каф. физики МГУЛа, д-р физ.-мат. наук,
А.Б. БУРЛАКОВ, ст. науч. сотр. биофака МГУ, д-р биол. наук

Митогенетическое излучение живых организмов было открыто А.Г. Гурвичем [1-3, 7]. В последующие годы появилось огромное число работ по изучению сверхслабого излучения живых организмов на начальных стадиях развития (на эмбрионах) [4, 5]. Установлено, что биоизлучение играет роль не только сигнального механизма, но во многих случаях определяет дальнейшее развитие организма.

На кафедре эмбриологии биофака МГУ в течении 20 лет проводятся серьезные исследования дистантного взаимодействия

развивающихся зародышей низших позвоночных. Согласно этим исследованиям установлено, что эмбрионы выступают источником волновых сигналов, которые изменяются в процессе развития эмбриона. Эти сигналы – сверхслабые излучения – обладают огромной силой и способны влиять на развитие эмбрионов более низкой стадии развития.

Стадии развития эмбриона вьюна показаны на рис. 1, где номера соответствуют номерам стадий. Эти рисунки выполнены А. Костомаровой и Я. Смирновой (биофак МГУ, кафедра эмбриологии).

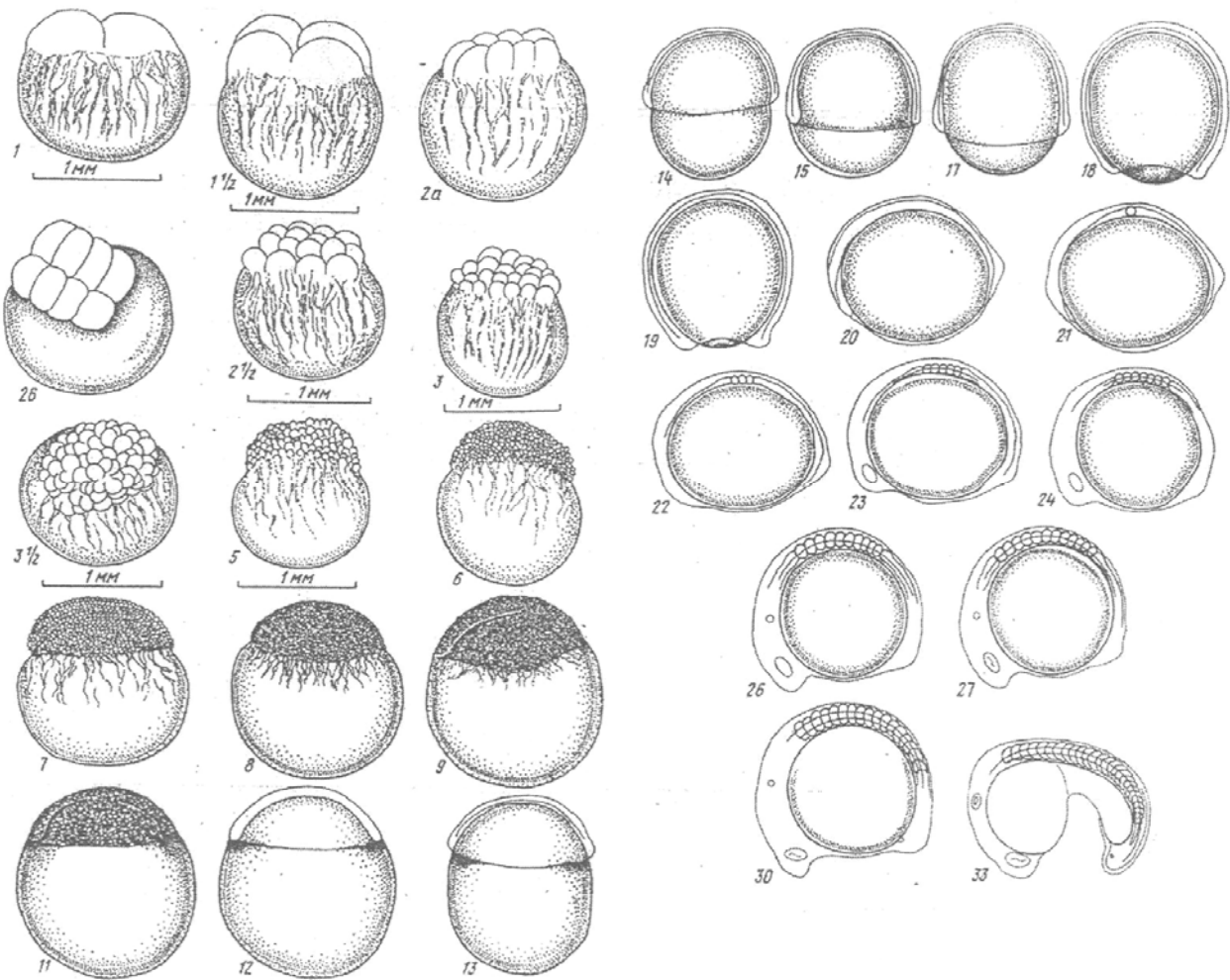


Рис. 1

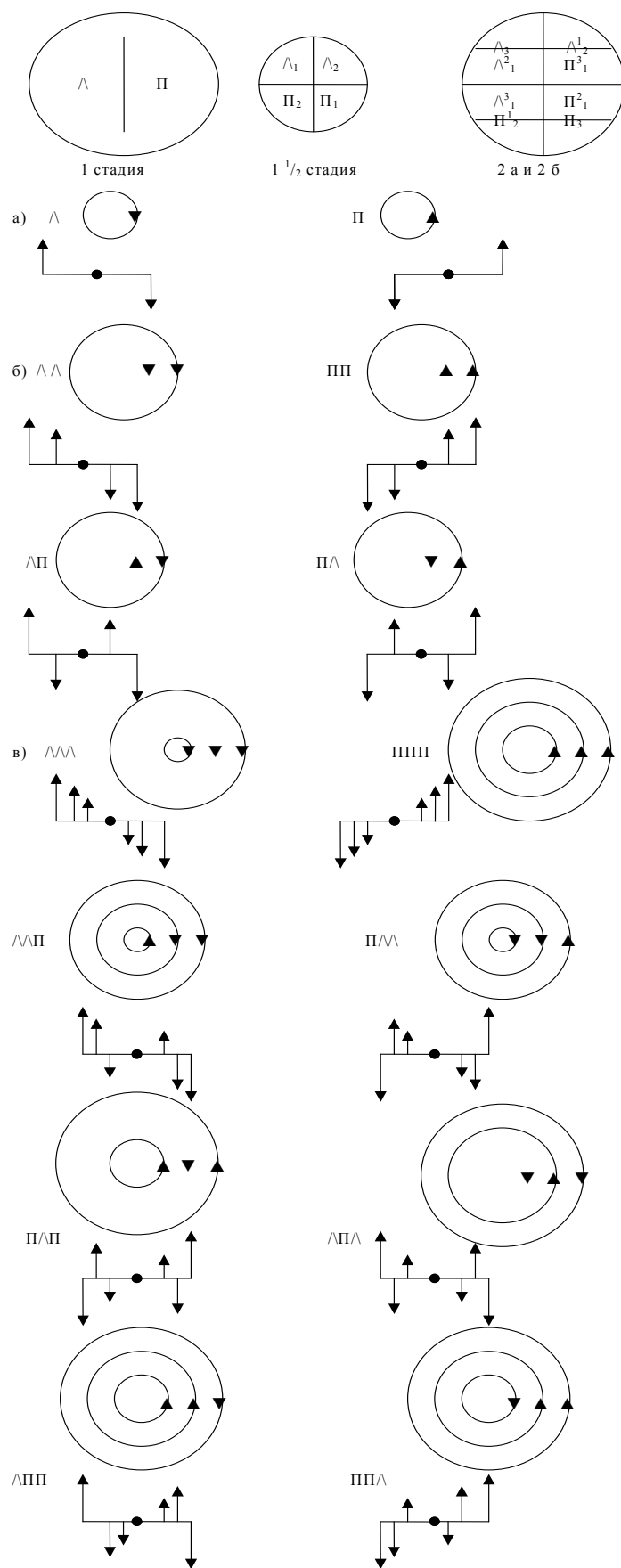


Рис. 2. Биоторсионные поля

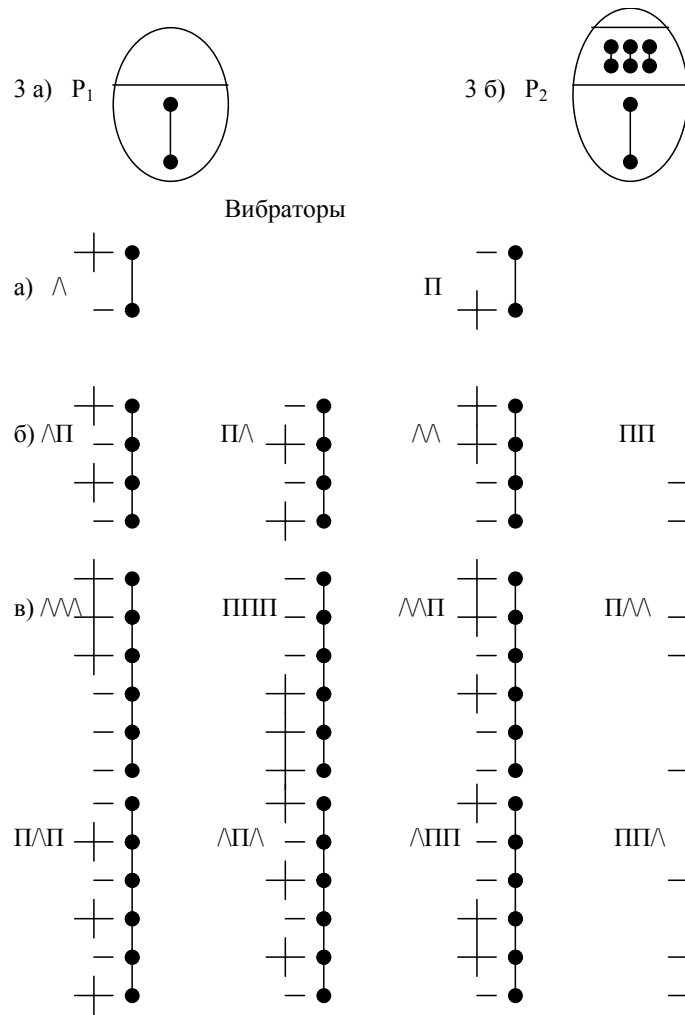


Рис. 3

Обозначения: \wedge (\wedge); Π (Π); $\wedge\wedge$ (\wedge_1); $\Pi\Pi$ (Π_1); $\wedge\Pi$ (\wedge_2); $\Pi\wedge$ (Π_2); $\wedge\wedge\wedge$ (\wedge_3); $\Pi\Pi\Pi$ (Π_3); $\wedge\Pi\wedge$ (\wedge^1_2); $\wedge\Pi$ (\wedge^2_1); $\wedge\Pi\Pi$ (Π^3_1); $\Pi\wedge\Pi$ (Π^2_2); $\Pi\Pi\wedge$ (Π^2_1); $\Pi\wedge\wedge$ (\wedge^3_1)

Процесс развития состоит из следующих этапов: а) образование первого слоя «шапочки» (1–3 стадии); б) образование второго слоя «шапочки» ($3^{1/2}$, 4 стадии); в) образование следующих слоев «шапочки» (5–9 стадии); г) последний этап образования «шапочки» (10–11 стадии).

Самое сильное излучение биофотонной эмиссии наблюдается на первой стадии (первый этап деления – два бластомера). При этом появляется самая глубокая бороздка между двумя бластомерами и происходит первое образование ориентации «левое – правое» (рис. 2). Испускаемое при этом сверхслабое излучение определяет (организует) все последующие излучения, которые появляются на следующих стадиях. Направление ориентации выбираем $L \rightarrow \Pi$.

На следующей стадии деления бластомеров ($1^{1/2}$ стадия) возникает четыре бластомера. При этом наблюдается два разных биоизлучения, которым соответствует два винтовых процесса (двойной винт, состоящий из винтов ЛЛ, ПП, ЛП и ПЛ) (см. рис. 2).

При дальнейшем делении бластомеров возникают следующие винтовые системы: ЛЛЛ; ППП; ЛЛЛ; ЛЛП; ПЛЛ; ЛПП; ПЛП и т. д.

Эмбрион в этом случае рассматриваем как излучающую систему – биологический прибор (БП). Схему этого прибора представим в виде излучающей системы, которая в процессе развития эмбриона постоянно изменяется (рис. 3). При образовании первого слоя «шапочки» (стадия 1–3) возникает вибратор с полюсами «+» и «-», распо-

ложенными в фокусах эллипсоида (рис 3а). При образовании второго слоя «шапочки» вибраторная система усложняется (рис. 3б): а) сохраняется основной вибратор «+» и «-»; б) возникают новые вибраторные системы между первым и вторым слоем «шапочки» с чередованием в определенной последовательности диполей «+» и «-». Расстояние между слоями «шапочки» определяется следующим образом: на глубине h первого деления (стадия № 1) условно проводится по-

верхность. Назовем ее нижней поверхностью первого слоя. При образовании второго слоя «шапочки» появляется новая поверхность на глубине $h_2 < h_1$, которую назовем нижней поверхностью второго слоя «шапочки». Эти поверхности являются криволинейными. Между этими поверхностями на высоте $h = h_1 - h_2$ возникает вторая вибраторная система, состоящая из диполей «+» и «-», которые располагаются определенным образом.

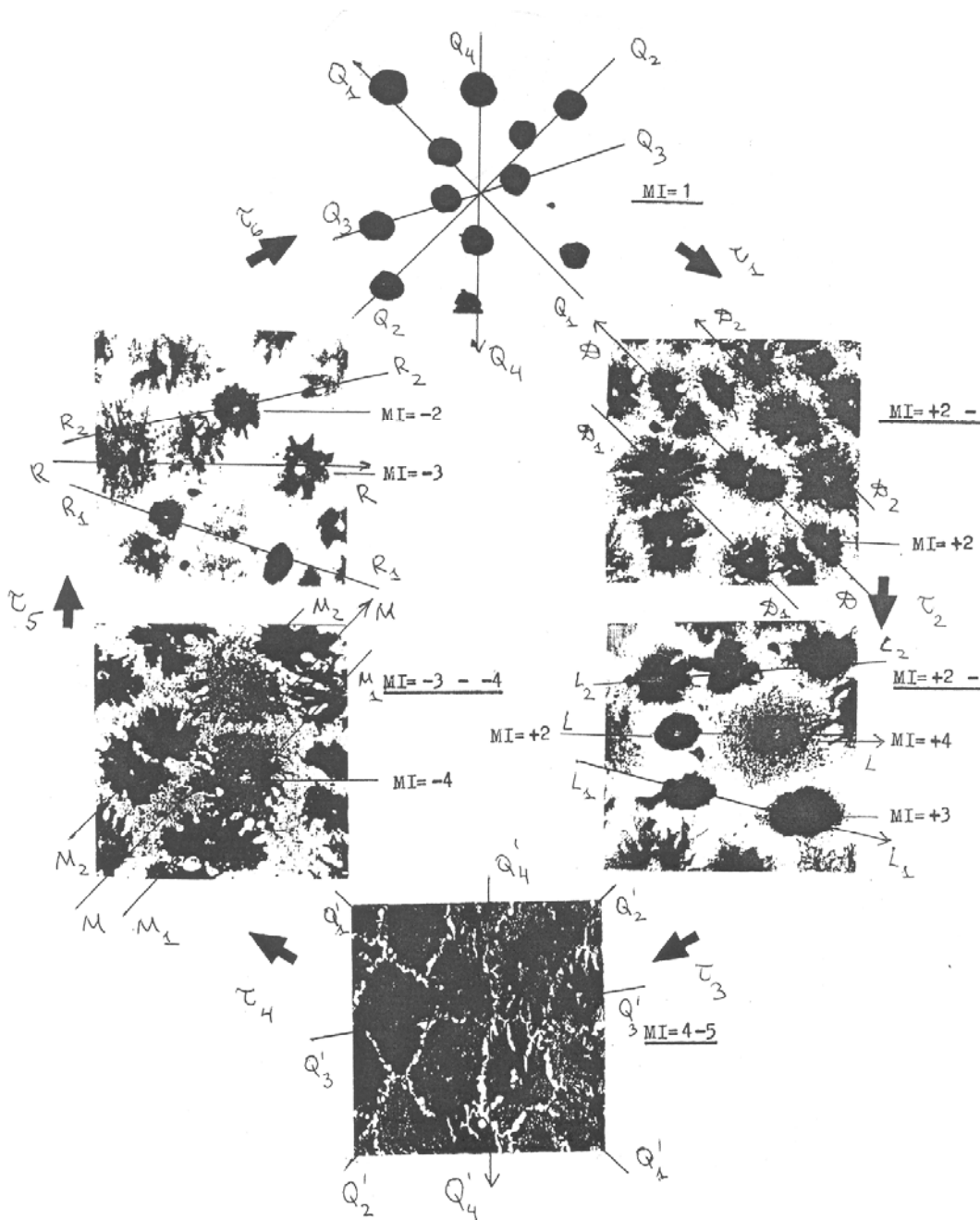


Рис. 4

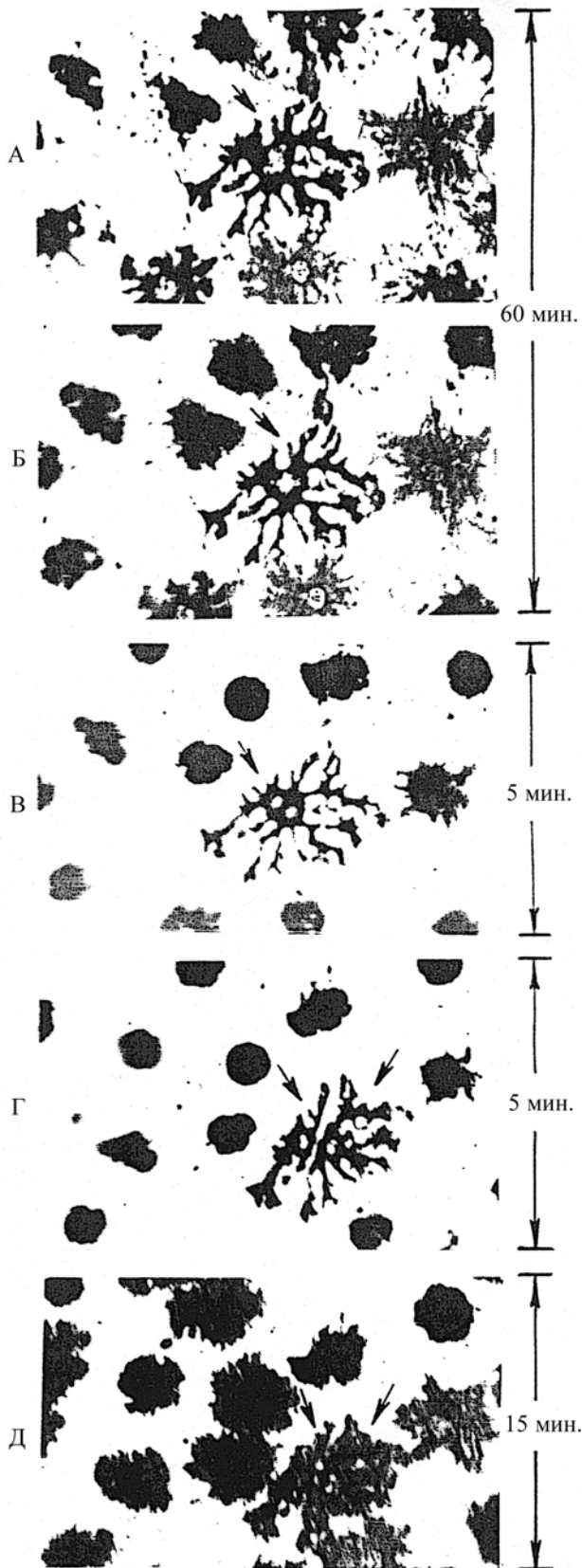


Рис. 5

Возможность образования такого типа вибраторной системы косвенно можно подтвердить снимками (рис. 4, 5, 6), позволяющими проследить изменения в одной клетке во времени. Экспериментальные данные, представленные на этих рисунках получены на кафедре эмбриологии биофака МГУ сотрудниками О.В. Бурлаковой и Е.Н. Некирясовой.

На рис. 4 изменение клетки проходит в цикле 4π , что подробно рассмотрено у авторов [6]. Полный оборот дает 2π . Возникновение 4π в развитии клетки связано с тем, что в одном из ее фрагментов произошло деление ядра (из одного ядра получилось два). Этот процесс деления виден на рис. 5. Более сложные процессы деления с образованием нескольких ядер показаны на рис. 6. Процесс деления ядра в цикле 4π назовём «биотелепортацией».

Студенты группы ПМ-32 МГУЛа Д.А. Махалов, В.Н. Смирнов, И.В. Кулаковский провели компьютерное моделирование биоизлучений в эмбрионе.

Использовалась самая простая модель излучения внутри абсолютно черного тела. На рис. 7–21 поверхность эмбриона взята в виде круга. Характер излучения показан на рис. 7. В этом случае появляется внутренняя область (ядро эмбриона), которая является аттрактором, т.е. притягивает к себе излучение. Начинаем изменять внешнюю поверхность малыми возмущениями. Излучения в эмбрионе ведут себя совершенно по-разному в зависимости от степени возмущения: на рис. 8 возмущение $r = 250 + \sin 7\varphi$, где $r = r_0 + \delta_r$ и $r_0 = 250$, $\delta_r = \sin 7\varphi$, внутри возникает семиугольник и семь криволинейных треугольников (рис. 9). Возмущениям $\delta_r = \sin 8\varphi$ соответствует восемь точек касания внешней поверхности. На рис. 10 возмущению $\delta_r = 2\sin 8\varphi$ соответствуют 8 точек касания, внешняя поверхность становится криволинейным восьмиугольником, а внутри области квадрат. На рис. 11 возмущению $\delta_r = 2\sin 9\varphi$ соответствуют три точки касания, внешняя поверхность становится криволинейным девятиугольником, внутри области

возникает трехугольник. На рис. 12 возмущению $\delta_r = 2r_0 \sin 9\varphi$ соответствует 9 точек касания, внешняя поверхность становится криволинейным девятиугольником, а внутри области – девятиугольник (пустота). На рис. 13 при возмущении $\delta_r = 2 \sin 9\varphi$ раскрыт один из участков. На рис. 11, содержащем пустоты, отчетливо виден девятиугольник. На рис. 14 при возмущении $\delta_r = 2 \sin 6\varphi$ отчетливо виден шестиугольник и образование двух типов внутренних замкнутых траекторий, состоящих из шести частей. На рис. 15 для возмущения $\delta_r = 0,5 \sin 11\varphi$ получен одиннадцатиугольник внутри области, построенной из одиннадцати замкнутых траекторий (траекторий запираания). На рис. 16 представлен тот же случай при возмущении $\delta_r = 0,5 \sin 11\varphi$, где видна структура траекторий запираания. На рис. 17 при возмущении $\delta_r = 2,5 \sin 6\varphi$ возникает внутренняя область и три внешние области, куда излучение не попадает; траектории запираания имеют шесть точек касания с поверхностью. На рис. 18 излучение идет из центральной области при возмущении $\delta_r = 2,5 \sin 4\varphi$ и возникают две внешние области, куда излучение не попадает.

Возмущение δ_r внешней поверхности берем таким образом, чтобы $\sin(n\varphi)$ образовывал замкнутую кривую соответствующим подбором числа « n ». Амплитуду возмущения $\delta_r = \hat{r} \sin(n\varphi)$ берем из условия $\hat{r} < r_0$. В случае $\hat{r} \approx r_0$ (рис. 19) получим пять «лепестков», каждый из которых может захватить излучение и сохранить его.

На рис. 20 для возмущения $\delta_r = 5 \sin 8\varphi$ возникает внутренняя область (четырёхугольник) и четыре внешние области из криволинейных треугольников. Аналогичная картина наблюдается при возмущении $\delta_r = 2,5 \sin 2\varphi$, где внутренняя область представляет криволинейный восьмиугольник, с внешней же области есть четыре криволинейных треугольника. Случаи на рис. 20 и 21 отличаются выбором n и амплитудой \hat{r} .

На рис. 22 и 23 внешняя поверхность взята в виде эллипса. Рассмотрим два случая:

1. Излучение начинается около внешней поверхности (рис. 22) и образует аттрактор – внутренний эллипс;
2. Излучение начинается между двумя фокусами эллипса, концентрируется внутри и образует две внешние области (рис. 23).

Продолжение исследования поведения излучения внутри эмбриона подтвердит два важнейших результата, полученных биологами с помощью биологических экспериментов:

- 1) при ранних стадиях развития эмбриона большую роль играет внешняя поверхность;
- 2) исследования на клеточном уровне (рис. 4) показали, что фрагменты клетки ведут себя по-разному: они собираются (состояние 1), а затем начинают раскрываться (состояния 2 и 3) и полностью заполняют всю клетку (состояние 4), а затем снова закрываются (состояния 5 и 6).

Влияние внешней поверхности можно проследить с помощью возмущений $\delta_r = \hat{r} \sin(n\varphi)$.

Исследования на клеточном уровне демонстрируют взаимовлияние биоизлучения на различные фрагменты клетки.

Проведённые компьютерные построения возможных типов внутри клетки (рис. 7 – 23) можно сравнить с фигурами Хладни (рис. 24). В своих экспериментах Хладни насыпал мелкий песок на стеклянную пластинку и проводил смычком по ребру пластинки, вызывая её колебания. Песок приходил в движение и собирался в «узловых точках», которые были неподвижны. Через несколько секунд пластинка покрывалась рядом песчаных кривых (рис. 24). Характер рисунка зависел от формы пластины, положения опор, на которых лежала пластинка, и частоты вибрации. Песчинки собираются вдоль линии с наименьшей амплитудой вибраций.

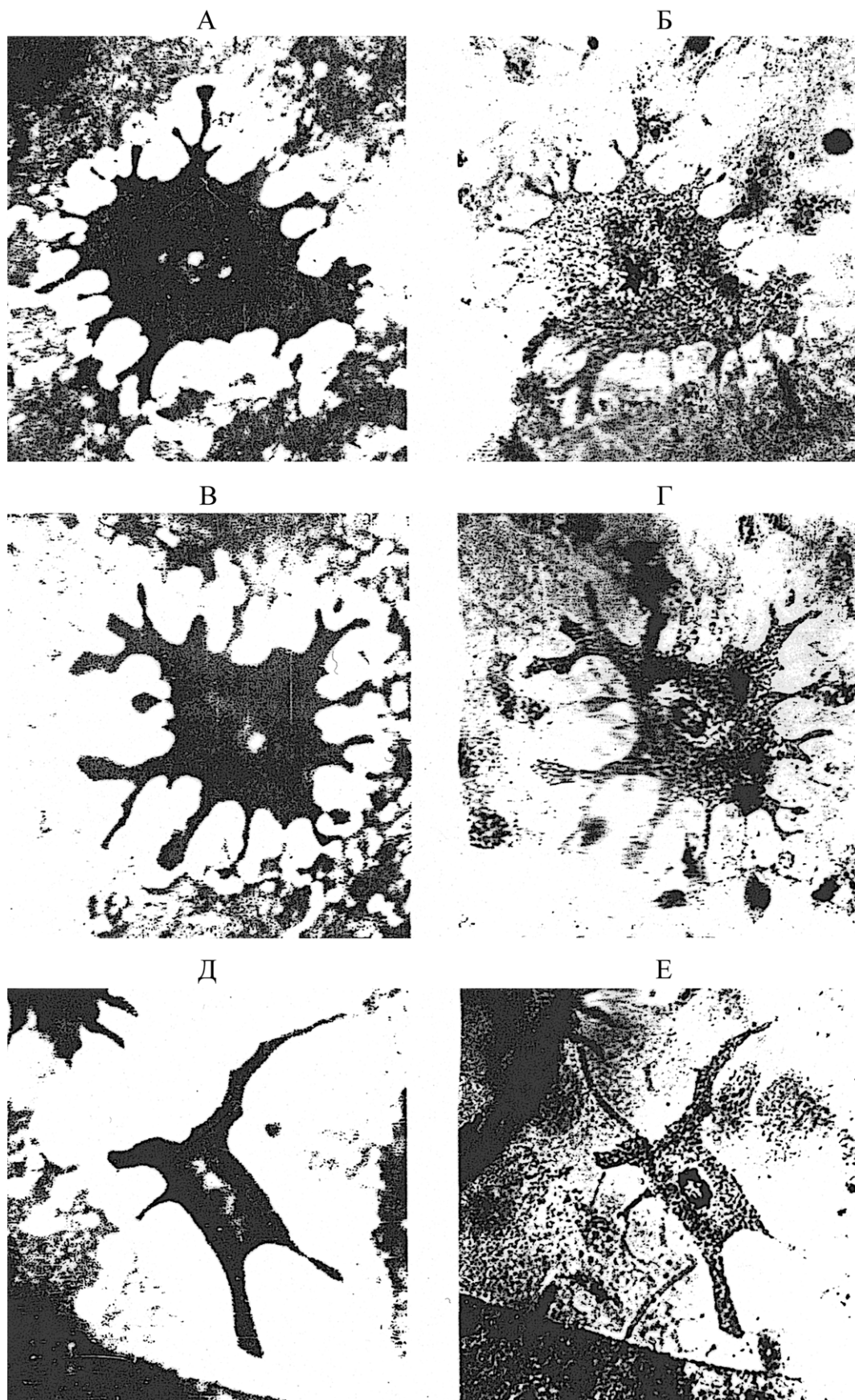


Рис. 6

Фрагменты клеток (рис. 5–6) постоянно изменяются под действием внутренних сил, которые назовём биологическим воздействием. Это воздействие приводит к изменению формы фрагментов клетки. Для раскрытия физического смысла этого биологического воздействия введём понятие кривизны в пространстве, занятом биологической клеткой. Исследуя кривизны этих пространств, мы сможем получить экспериментальные данные о характере биологического воздействия.

Понятие кривизны (рис. 25) лежало в основе работы Софии Жермен по теории упругости. В любой точке кривую можно аппроксимировать окружностью с той же касательной, что и у кривой в данной точке. Кривизна обратно пропорциональна радиусу окружности. Для поверхности кривизна в точке определяется кривизной кривых, образованных пересечением поверхности с плоскостями, перпендикулярными поверхности в этой точке. Из всех таких кривых выбирается наибольшая и наименьшая кривизны, которые называются главными кривизнами.

Основные выводы

1) В процессе развития эмбриона (рис. 1) участвуют биоторсионные поля (рис. 2) и вибраторы (рис. 3).

2) Внутри каждой клетки, между её фрагментами, существует биологическое воздействие. Его можно исследовать через изменение формы фрагмента, которое связано с изменением кривизны пространства занимаемого фрагментом (рис. 25).

3) Под воздействием слабых и сверхслабых излучений происходит развитие эмбриона. Качественный характер проникновения такого излучения можно получить на ЭВМ, что демонстрируют рис. 7–23. Физическое объяснение этого эффекта частично могут дать фигуры Хладни (рис. 24). При этом огромную роль играет форма оболочки, изменяя которую клетки могут: а) поглощать излучение (рис. 19), б) создавать различные формы, внутренние аттракторы (рис. 7–18, 20–23), в) сильно изменять форму оболочки (рис. 9–12, 14–21).

Эллиптическая форма фрагмента (рис. 22–23) создаёт две ситуации: 1) образование внутреннего аттрактора (рис. 22) – одно ядро; 2) образование двух аттракторов (рис. 23) – два ядра.

Предложенный в статье подход с использованием ЭВМ не претендует на полное описание развития эмбриона (рис. 1). Этот процесс является очень сложным. Многочисленные эксперименты проводимые биологами, помогут раскрыть основные механизмы этих процессов.

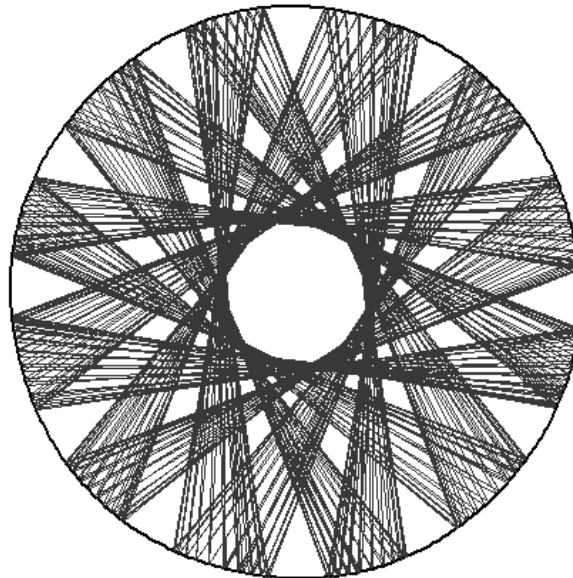


Рис. 7

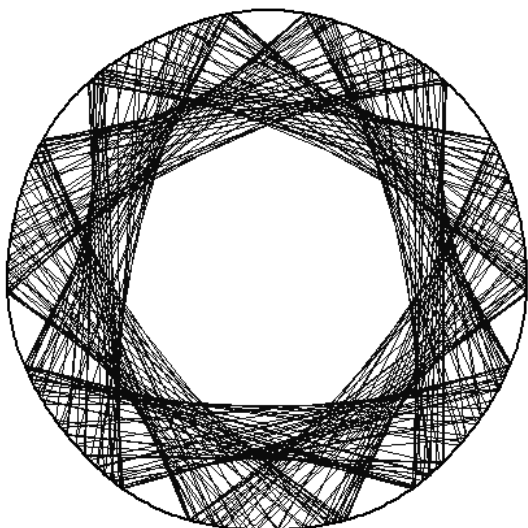


Рис. 8

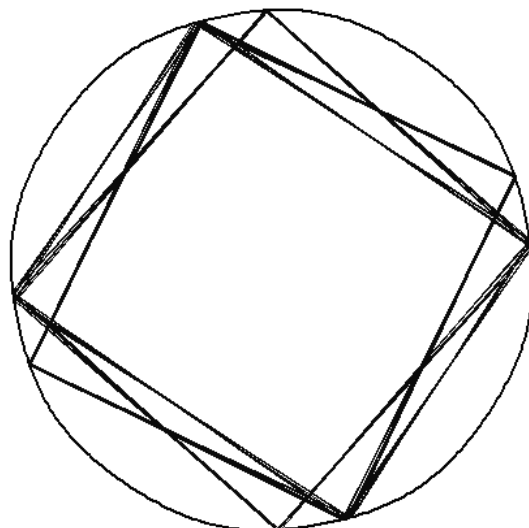


Рис. 9

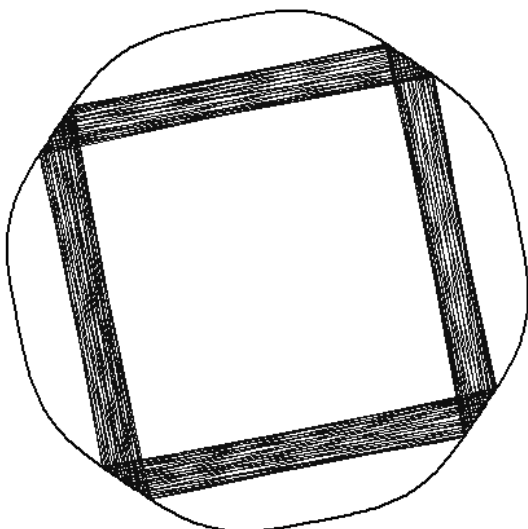


Рис. 10

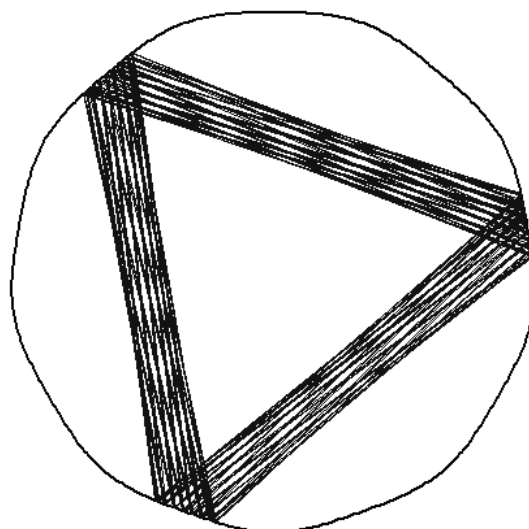


Рис. 11

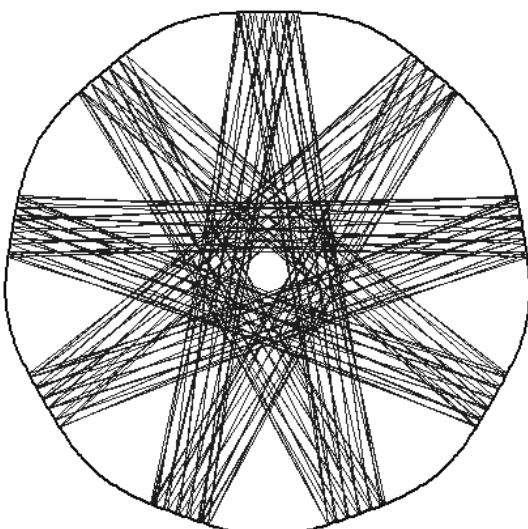


Рис. 12

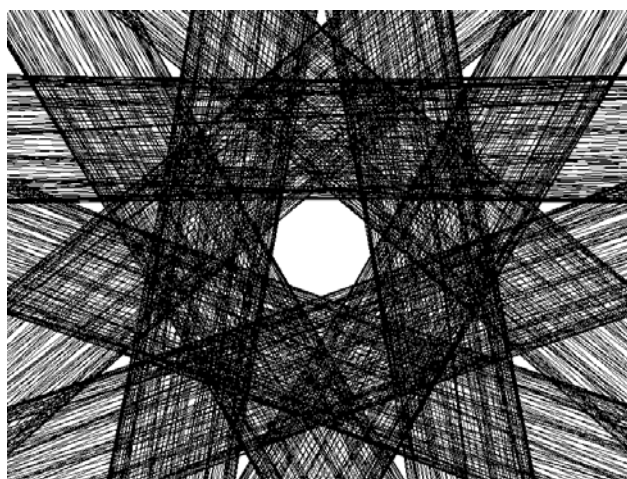


Рис. 13

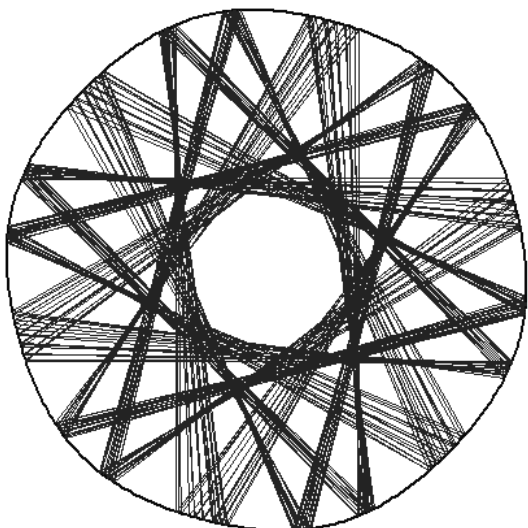


Рис. 14

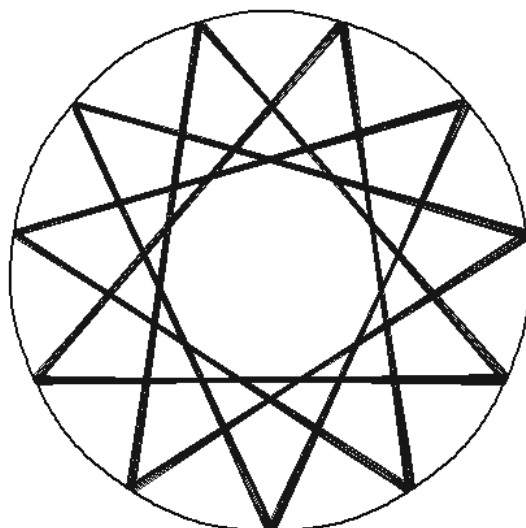


Рис. 15

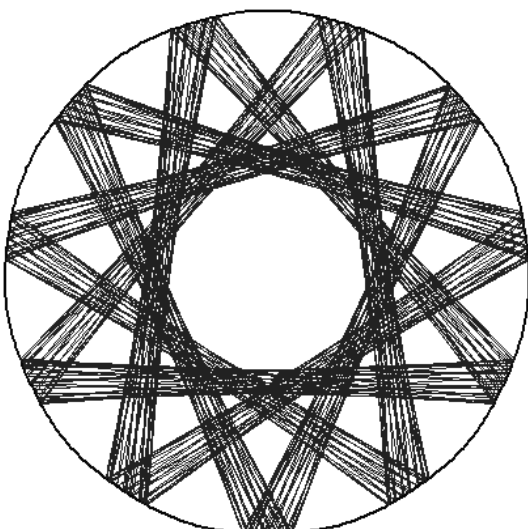


Рис. 16

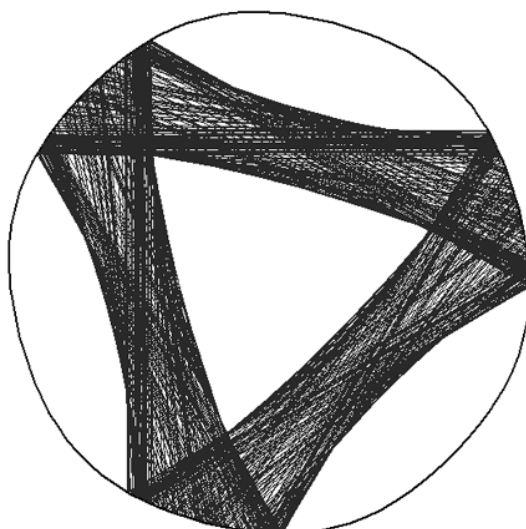


Рис. 17

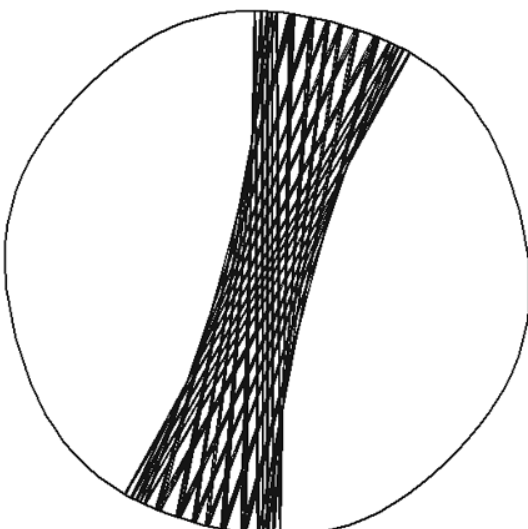


Рис. 18

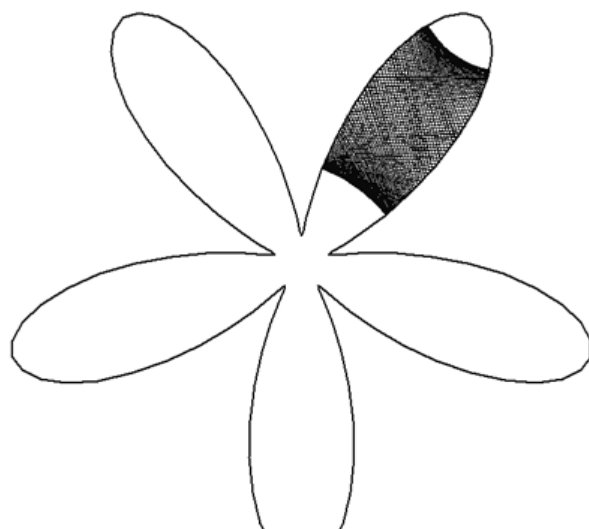


Рис. 19

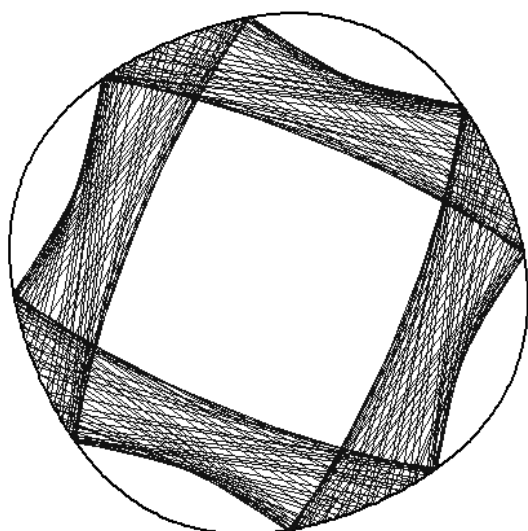


Рис. 20

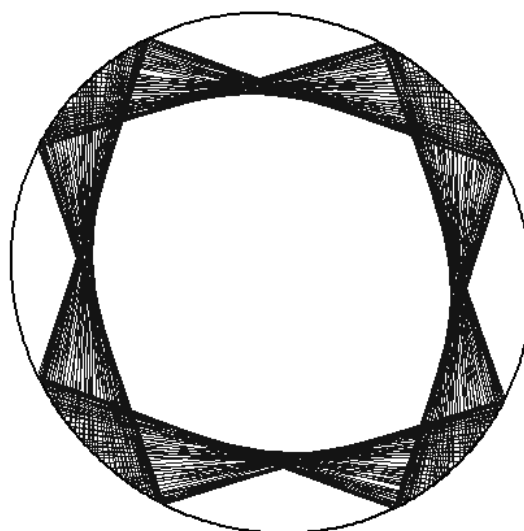


Рис. 21

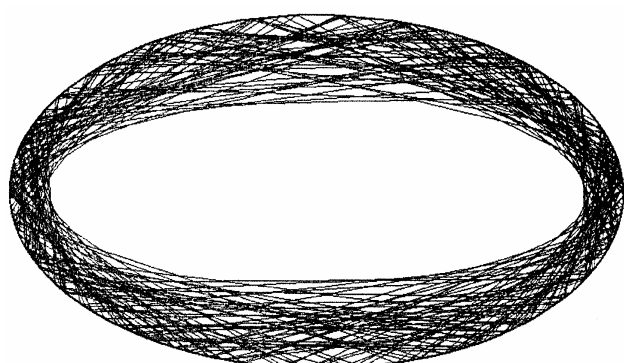


Рис. 22. Эллипс

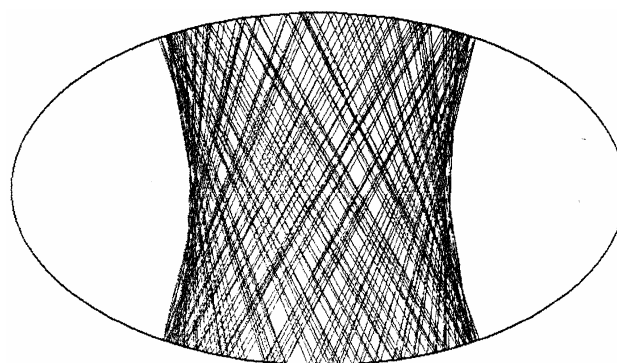


Рис. 23. Эллипс

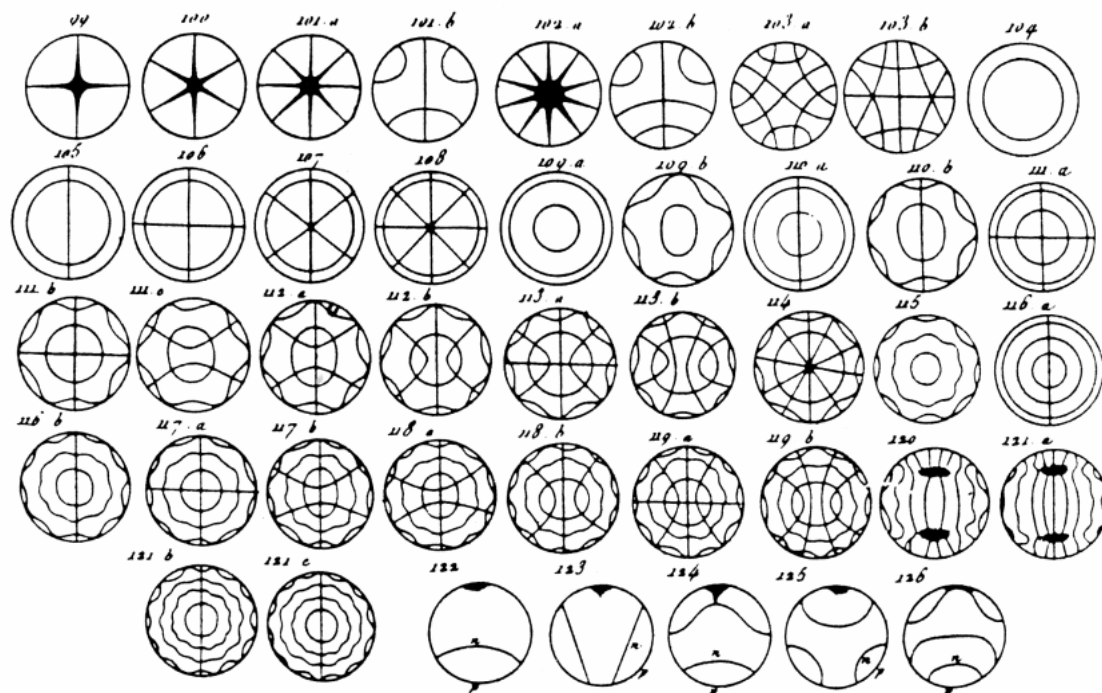


Рис. 24

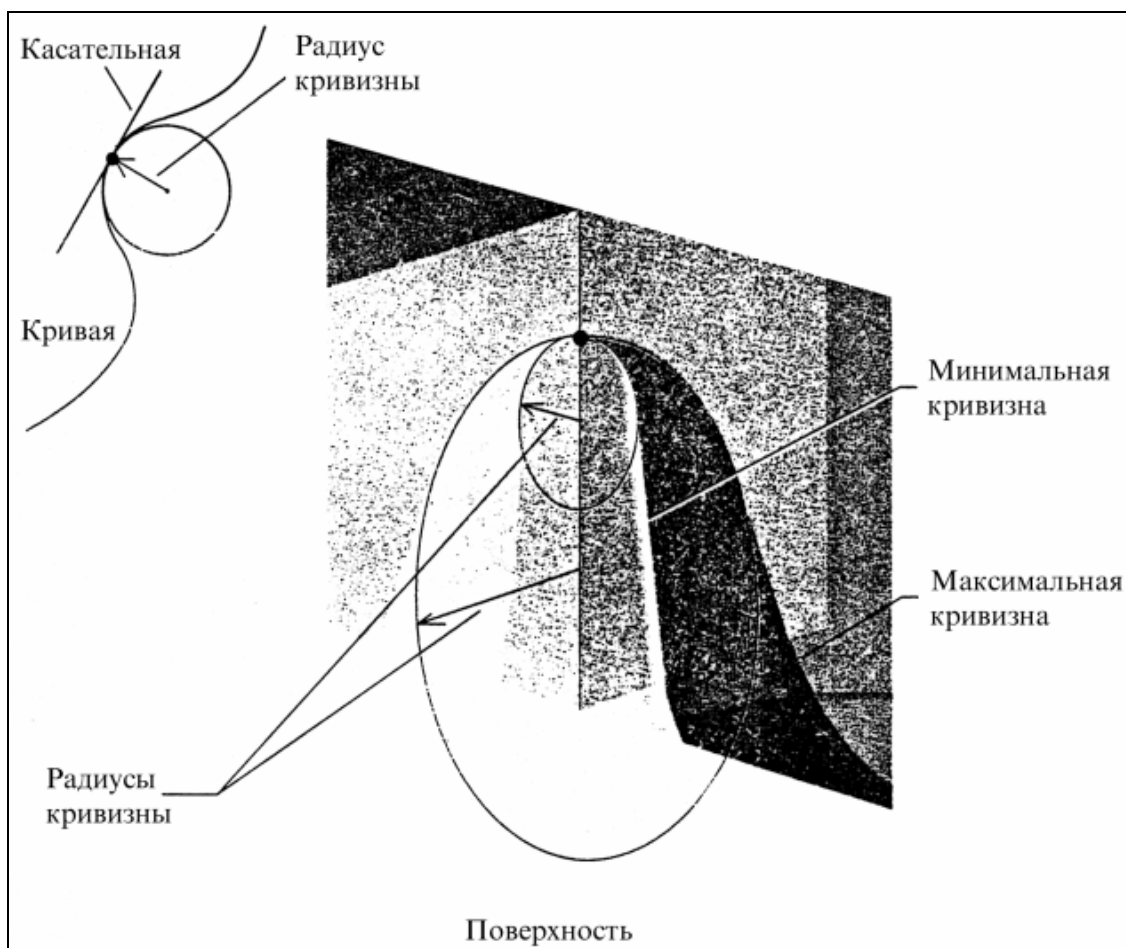


Рис. 25

Список литературы

1. Гурвич А.Г., Гурвич Л.Д. Митогенетическое излучение. – М., 1945.
2. Казначеев В.П., Михайлова Л.П. Сверхслабое излучение в межклеточных взаимодействиях. – Новосибирск: Наука, 1981. – 144 с.
3. Кузин А.М. Вторичные биогенные излучения – лучи жизни. – Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1997. – 45 с.
4. Бурлаков А.Б. и др. Дистантное оптическое взаимодействие эмбрионов низших позвоночных в процессе развития / О.В. Бурлакова, Ю.Н. Королев, В.А. Голичников // Онтогенез. – 1999. – Т. 30. – № 6 – С. 471–473.
5. Короткина М.Р., Бурлаков А.Б., Умаров Г.М. Математические методы исследования биофотонной эмиссии в раннем развитии позвоночных // Лесной вестник: Спец. вып. «Физика». – М.: МГУЛ, 2002. – № 1(21) – С. 71–85.
6. Короткина М.Р., Бурлаков А.Б., Умаров Г.М. Пространственно-временные связи самоорганизующихся систем (собственное пространство и собственное время) // Лесной вестник. Спец. вып. «Физика». – М.: МГУЛ, 2002. – № 1(21) – С. 134–142.
7. Magron L. 1932/ Action a distance et embryogenese // Radiobiologia. 1. P. 32–38.

ЗАТРАТЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСНОГО СЕКТОРА КАК ОБЪЕКТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

М.А. МЕНЬШИКОВА, доц. каф. бух. учета, экон. анализа и аудита МГУЛа, канд. экон. наук

Основным условием предпринимательской деятельности предприятий лесного сектора является производство качественной продукции с оптимальными расходами. Использование социально ориентированных рыночных отношений делает необходимым перестройку производства на применение передовой техники, прогрессивных технологий, на рациональное использование ресурсов. Получение наибольших доходов при наименьших расходах – главная цель эффективного хозяйствования лесного сектора. В этой связи становится необходимым выяснение сущности категорий «затраты», «издержки», «расходы» и их связи с эффективностью производства лесного сектора.

Исследование сущности затрат и расходов имеет большое значение для определения их состава, для установления рационально организованных систем нормирования, калькулирования себестоимости продукции отрасли, определения направлений совершенствования экономической работы на всех уровнях управления лесным предприятием.

В литературе по вопросам экономики достаточно часто высказываются разные мнения по поводу экономической сущности следующих терминов: затраты, издержки, расходы.

Одни авторы определяют затраты как расходы экономического субъекта на производство, обращение, сбыт продукции, считая, что экономическое содержание данного понятия аналогично понятию «издержки».

Другие авторы определяют затраты, как выраженную в денежной форме величину ресурсов, использованных в определенных целях. Применение денежного измерителя позволяет суммировать различные ресурсы, средства, которые были приобретены,

имеются в наличии и должны принести экономические выгоды в будущем [4, с. 14].

С.А. Николаева считает, что затраты – это операции по использованию в хозяйственной деятельности организации за отчетный период материальных, трудовых, финансовых и иных ресурсов. В общем случае хозяйственные операции продолжают числиться в составе затрат до тех пор, пока не наступит момент признания доходов, на извлечение которых и было направлено потребление данных ресурсов. Следовательно, по мнению автора, различие в понятиях «затраты» и «расходы» заключается в моменте признания доходов [5, с. 65].

Наиболее экономически обоснованным представляется определение последнего автора, поскольку затраты – это использование средств на приобретение всех видов ресурсов (материальных, трудовых и т.д.) для осуществления предпринимательской деятельности предприятия.

По мнению А.С. Бакаева, затраты на производство представляют собой часть расходов организации, связанных с производством продукции, выполнением работ и оказанием услуг, то есть с обычными видами деятельности [1, с. 43].

Н.Д. Врублевский определяет затраты на производство как «стоимость части ресурсов (затрат) предприятия, которые израсходованы на изготовление продукции, выполнение работ и оказание услуг за определенный (отчетный) период времени» [3, с. 53]. Одновременно он рассматривает затраты предприятия как расходы на создание производственных запасов материально-технических ресурсов, услуги (работы) поставщиков и приобретение трудовых ресурсов, включая потребленную в процессе производства часть затрат, а также расходы предприятия, непо-

средственно не связанные с его хозяйственно – производственной деятельностью и покрываемые за счет прибыли и других финансовых источников, свободных к расходованию, иными словами, затраты предприятия – это его активы, отражаемые в балансе и способные принести доход в будущем.

П.С. Безруких считает, что «затраты на производство представляют собой совокупные затраты предприятия на производство и реализацию продукции за определенный период безотносительно к тому, приходятся затраты на законченный продукт (что соответствует себестоимости продукции) или на незавершенное производство. В этом отношении издержки производства и затраты на производство близки по своему экономическому содержанию» [2, с. 12].

С.А. Котляров [4, с. 14] отмечает, что затраты – это стоимость ресурсов, используемых в дальнейшем для получения прибыли или достижения иных целей организации. К затратам относятся стоимость материальных и трудовых ресурсов, необходимых для производства той или иной продукции или услуг.

Представляется, что «издержки производства» и «затраты на производство» имеют сходство по своему экономическому значению и выражают объем затрат организации на производство продукции (работ, услуг) за определенный период, которые приходятся на законченный продукт и остатки незавершенного производства.

В основе их определения лежит стоимостная оценка основных средств, материальных и трудовых ресурсов, потребленных в производстве. Издержки производства формируют себестоимость, состоящую из себестоимости незавершенного производства и себестоимости готовой продукции.

Издержки предприятия характеризуют в денежном выражении объем расходов, направленных на определенные цели. Издержки, понесенные до текущего года, становятся расходами данного года и проявляются как активы на его начало. В то же время издержки текущего года могут являться

расходами будущих периодов и отражаться как активы на конец отчетного года.

В соответствии с международными стандартами финансовой отчетности в последнее время получило широкое распространение понятие «расходы предприятия». Согласно принципам подготовки и составления финансовой отчетности, расходы – это уменьшение экономических выгод в течение отчетного периода, происходящее в форме оттока или истощения активов или увеличения обязательств, ведущих к уменьшению капитала, не связанных с его распределением между участниками акционерного капитала. Иными словами, расходование – это процесс, связанный с возмещением (в основном денежными средствами) потребленных активов, оплатой труда работников, отчислениями, производимыми в соответствии с действующим законодательством, и начислениями отдельных видов обязательств.

Наиболее обоснованным представляется следующее определение: расходы организации – это совокупность использованных ею финансовых (денежных) средств, относящихся к активам, если они способны приносить доходы предприятию в будущем, или к пассивам, если этого не произойдет, то есть если доходы предприятия уменьшатся.

В соответствии с Программой реформирования бухгалтерского учета, а также с международными стандартами финансовой отчетности Минфином России утверждено и используется Положение по бухгалтерскому учету «Расходы организации» (ПБУ 10/99). Этот документ важен не только с бухгалтерской точки зрения, но и с экономической, поскольку в нем приведено определение расходов организации, как уменьшение экономических выгод в результате выбытия активов (денежных средств, иного имущества) и (или) возникновения обязательств, приводящее к уменьшению капитала организации, за исключением уменьшения вкладов по решению участников (собственников имущества).

В ПБУ 10/99 изложены следующие положения:

– дано определение понятия «расходы организации»;

– установлены принципы отнесения определенных видов расходов к активам организации или к уменьшению экономических выгод;

– приведена классификация расходов в зависимости от их характера, условий осуществления и направлений деятельности экономического субъекта;

– изложены правила признания расходов в бухгалтерском учете;

– приведен порядок раскрытия информации в бухгалтерской отчетности.

В ПБУ 10/99 установлено, какое выбытие активов не может признаваться расходами:

– приобретение и создание внеоборотных активов (основных средств, незавершенного строительства, нематериальных активов и т.п.);

– вклады в уставные (складочные) капиталы других организаций, приобретение акций акционерных обществ и иных ценных бумаг не с целью перепродажи (продажи);

– перечисления по договорам комиссии, агентским и иным аналогичным договорам в пользу комитента, принципала и т.п.;

– предварительная оплата материально-производственных запасов и иных ценностей, работ, услуг;

– авансы, задаток в счет оплаты материально-производственных запасов и иных ценностей, работ, услуг;

– погашение кредитов, займов, полученных организацией.

Согласно пункту 4 ПБУ 10/99 расходы организации в зависимости от их характера, условий осуществления и направления деятельности организации подразделяются на:

– расходы по обычным видам деятельности;

– операционные расходы;

– внереализационные расходы;

– чрезвычайные расходы.

В состав расходов по обычным видам деятельности включаются:

– расходы, связанные с приобретением сырья, материалов, топлива, товаров и иных материально-производственных запасов;

– расходы, возникшие непосредственно в процессе переработки (доработки) материально-производственных запасов для целей производства продукции, выполнения работ и оказания услуг и их продажи, а также продажи (перепродажи) товаров (расходы по содержанию и эксплуатации основных средств и иных внеоборотных активов, а также по поддержанию их в исправном состоянии; коммерческие, управленческие расходы и др.).

Согласно Федеральным законам от 6.08.2001 г. № 110-ФЗ и от 29.05.2002 г. № 57-ФЗ для предприятий и организаций независимо от форм собственности и видов деятельности, объектом налогообложения по налогу на прибыль организаций признается прибыль, представляющая собой полученные доходы, уменьшенные на величину произведенных расходов. Такая же норма содержится и в главе 25 «Налог на прибыль организаций» части второй Налогового кодекса РФ. Совокупность расходов организации является основополагающим фактором для получения доходов (прибыли).

В теории и практике прогнозирования, учета, калькулирования и анализа довольно часто используется показатель «себестоимость продукции». В ряде работ по экономике авторы рассматривают себестоимость как часть стоимости, выраженную в денежной форме, связанную с изготовлением и реализацией продукции, иными словами, как денежное выражение затрат на потребленные средства производства и на оплату труда.

В литературе по бухгалтерскому учету и экономическому анализу себестоимость продукции определяют как важнейший качественный показатель деятельности предприятия, выражающий затраты, связанные с производством и реализацией конкретных видов продукции.

Между понятиями «издержки производства» и «себестоимость» имеются различия. Издержки производства представляют

собой совокупные затраты на производство продукта, образующие его стоимость, а себестоимость продукции – денежные затраты экономического субъекта на производство законченного продукта, выражающие часть его стоимости.

Издержки производства – это затраты живого и овеществленного труда на производство и реализацию продукции, которые определяются использованием в производстве природных, материальных, трудовых и других видов ресурсов, каждый из которых трансформируется в затраты в зависимости от его роли в производственном процессе. Издержки производства, относящиеся к выработанной продукции, выполненным работам и оказанным услугам, формируют себестоимость продукции.

Наиболее часто себестоимость рассматривается как часть стоимости. Некоторые экономисты считают, что себестоимость является не просто частью, а обособившейся частью стоимости.

Экономическая сущность категории себестоимости состоит в том, что она показывает в денежной форме величину всех расходов предприятия, возмещение которых необходимо для осуществления просто воспроизводства.

Себестоимость продукции (работ, услуг) представляет собой стоимостную оценку используемых в процессе производства продукции (работ, услуг) природных ресурсов, средств и предметов труда, трудовых ресурсов, а также других расходов на производство и реализацию продукции.

Себестоимость продукции лесного сектора в обобщенном виде характеризует все стороны деятельности предприятия, результаты его работы.

Себестоимость продукции относится к числу экономических показателей, синтезирующих все аспекты управленческих решений. Он представляет собой совокупность выраженных в денежной форме затрат предприятия на производство и реализацию выпускаемой продукции, на его основе осуществляется измерение в денежной форме затрат и результатов.

Снижение затрат сырья, материалов, топлива, энергии является источником роста производства на предприятии: чем меньше объем этих затрат на единицу продукции, тем больше продукции можно изготовить из имеющихся материальных ресурсов. Повышение производительности труда, совершенствование его нормирования позволяют лучше использовать оборудование и мощности, быстрее наращивать выпуск продукции, снижать ее себестоимость и, следовательно, повышать эффективность производства и увеличивать прибыль.

Себестоимость продукции – один из важнейших показателей предпринимательской деятельности, которая ставит в прямую зависимость расходы от получаемых доходов, чем создает заинтересованность в снижении себестоимости и в повышении эффективности производства и получении прибыли.

Рассматриваемый показатель особенно важен при оценке работы структурных подразделений предприятий отрасли.

Себестоимость продукции – качественный показатель эффективности производственного процесса, который позволяет осуществлять контроль над затратами и оценивать результаты деятельности предприятий лесного сектора.

Себестоимость отражает процессы не только производства, но и обращения и распределения продукции. Она зависит от условий материально-технического снабжения и сбыта, а также от отношений как между предприятиями, так и между предприятиями и государством.

В действовавшем до утверждения главы 25 НК РФ Положении о составе затрат по производству и реализации продукции (работ, услуг), включаемых в себестоимость продукции (работ, услуг), и о порядке формирования финансовых результатов, учитываемых при налогообложении прибыли (утверждено постановлением Правительства РФ от 5 августа 1992 г. № 552 с изменениями и дополнениями) строго регламентировалось, какие расходы можно включать в себестоимость продукции. Расходы, не подле-

жащие включению в себестоимость продукции, следовало относить в состав внереализационных расходов, а также за счет прибыли, оставшейся в распоряжении организации.

В соответствии с постановлением Правительства РФ от 1 июля 1995 г. № 661 был уточнен состав расходов, учитываемых в бухгалтерском учете в фактическом размере в составе себестоимости продукции, и расходов, принимаемых при налогообложении прибыли, при этом механизм формирования состава затрат был сохранен. Такой порядок приводил к искажению реальной оценки фактического уровня затрат на производство и реализацию продукции, к уменьшению себестоимости отдельных видов продукции, работ, услуг и к увеличению налоговой базы по прибыли.

Помимо затрат, непосредственно связанных с производством и реализацией продукции, в себестоимость включалась часть налогов и платежей во внебюджетные фонды. Поскольку в практике работы лесопромышленных предприятий постоянно присутствовали расхождения в величине начисленных и выплаченных сумм обязательных платежей, фактическая себестоимость, отраженная в отчетности предприятия, носила в определенной мере искаженный характер. Это затрудняло объективный анализ себестоимости продукции, особенно по убыточным предприятиям, где недоимки по обязательным платежам в бюджет и внебюджетные фонды всегда оставались достаточно большими.

К недостаткам действовавшего положения о составе затрат следует отнести и то, что в последние не были включены специфические для лесопромышленной деятельности затраты, связанные с:

- содержанием котлопунктов для обеспечения горячим питанием работников, находящихся на лесосеках, включая оплату труда поваров, входящих в штат лесозаготовительных участков;
- содержанием здравпунктов, находящихся на балансе леспромхозов, располо-

женных в поселках лесозаготовителей временного типа;

- расчисткой русел рек, обустройством сплавных магистралей;
- потерями древесины при сплаве и перевалке леса.

Все перечисленные выше ограничения искажали затраты на производство в лесопромышленном производстве.

Предприятию очень важно иметь достоверную информацию о себестоимости выпущенной и реализованной продукции, о классификации расходов, их детализации по местам возникновения затрат и центрам ответственности, иметь возможность более точно и экономически достоверно определять нормативную (плановую) и фактическую себестоимость продукции, выполненных работ, оказанных услуг.

В Налоговом кодексе (п.4 ст. 252 НК РФ) указано: «Если некоторые затраты с равным основанием могут быть отнесены одновременно к нескольким группам расходов, налогоплательщик вправе самостоятельно определить, к какой именно группе он отнесет такие расходы.»

В соответствии с пунктом 16 Положения по бухгалтерскому учету «Расходы организации» (ПБУ 10/99) расходы признаются в бухгалтерском учете при наличии следующих условий:

- расходы производятся в соответствии с конкретными договорами, требованиями законодательных и нормативных актов, обычаями делового оборота;
- сумма расхода может быть определена;
- имеется уверенность в том, что в результате конкретной операции произойдет уменьшение экономических выгод организации.

Из вышеприведенного следует, что расходы должны быть документально подтверждены и обоснованы.

В соответствии с принципами бухгалтерского учета расходы признаются для принятия к учету в том отчетном периоде, в котором они имели место, независимо от

времени фактической выплаты денежных средств. Этот принцип назван допущением временной определенности фактов хозяйственной деятельности. Его использование означает, что расходы организации осуществляются с целью извлечения дохода независимо от того, совпадают ли периоды расходования средств и получения сумм дохода.

В бухгалтерской отчетности приводится фактическая себестоимость проданной готовой продукции, выполненных работ, оказанных услуг, производится сопоставление полученных доходов (выручки) с произведенными (понесенными) расходами, иными словами, определяется соответствие доходов и расходов.

В ПБУ 10/99 «Расходы организации» приведен порядок раскрытия информации о расходах в бухгалтерском учете и бухгалтерской (финансовой) отчетности (отчете о прибылях и убытках).

В бухгалтерском учете расходов по обычным видам деятельности подлежит раскрытию порядок признания коммерческих и управленческих расходов, то есть вариант их распределения между готовой продукцией и остатками незавершенного производства или вариант ежемесячного списания их на счета учета продаж. В отчете о прибылях и убытках расходы предприятий за отчетный период отражаются с подразделением на себестоимость проданной продукции (товаров, работ, услуг), расходы на продажу, управленческие расходы, операционные, внереализационные и чрезвычайные расходы.

В отчете о прибылях и убытках допускается операционные и внереализационные расходы не показывать развернуто по отношению к соответствующим доходам в следующих случаях, если:

- соответствующие правила бухгалтерского учета предусматривают или не запрещают такое отражение расходов;

- расходы и связанные с ними доходы, возникающие в результате одного и того же или аналогичного по характеру факта хозяйственной деятельности, не являются существенными для характеристики финансового положения организации.

В бухгалтерской отчетности также подлежит раскрытию следующая информация:

- расходы по обычным видам деятельности в разрезе элементов затрат;

- изменение величины расходов, не имеющих отношения к исчислению себестоимости проданной продукции (товаров, работ, услуг) в отчетном году;

- расходы, равные величине отчислений в связи с образованием в соответствии с правилами бухгалтерского учета резервов (предстоящих расходов, оценочных резервов и пр.).

Кроме того подлежат раскрытию обособленные в бухгалтерской отчетности прочие расходы организации за отчетный год, которые в соответствии с правилами бухгалтерского учета не зачислялись в течение него на счет учета прибылей и убытков.

Сопоставление принципов правого регулирования расходов в бухгалтерском и налоговом учете показывает расхождения между ними.

Начиная с 1 января 2003 года действует Положение по бухгалтерскому учету «Учет расчетов по налогу на прибыль» (ПБУ) 18/02, утвержденное приказом Минфина РФ от 19.11.2002 № 114н. Данное положение увязывает бухгалтерскую прибыль с налогооблагаемой.

В ПБУ 18/02 приводятся наименования некоторых расходов, которые относятся к постоянным разницам. Ими считаются превышение фактических расходов, которые отражаются в бухучете, над расходами, которые применяются в целях налогообложения. В соответствии с главой 25 НК РФ к ним, в частности, относятся: суточные; представительские расходы; расходы по некоторым видам добровольного страхования; некоторые виды рекламы; проценты по займам и кредитам. К постоянной разнице ПБУ 18/02 относит и расходы по безвозмездной передаче имущества и убыток, который может получить предприятие при внесении имущества в уставный капитал другой организации (разница между оценочной и балансовой стоимостью передающей стороны). В

бухгалтерском учете предприятия рекомендуется отражать обособленно постоянные разницы – на субсчете того счета актива или обязательства, по которому возникла постоянная разница. Постоянной разнице в бухгалтерском учете соответствует постоянное налоговое обязательство.

Временные разницы – это доходы и расходы, которые признаются в бухгалтерском и налоговом учете в разных отчетных периодах. ПБУ18/02 делит временные разницы на два вида: вычитаемые и налогооблагаемые.

Вычитаемые временные разницы – это такие доходы и расходы, которые уменьшают бухгалтерскую прибыль в текущем отчетном периоде, а налогооблагаемую прибыль – в следующих, например, если предприятие рассчитывает амортизацию в бухгалтерском учете одним методом, а в налоговом учете – другим. Причем сумма амортизации в бухучете больше, чем в налоговом учете. Вычитаемая временная разница может образовываться также из-за разных способов признания коммерческих и управленческих расходов в бухучете и для целей налогообложения.

Налогооблагаемые временные разницы – это доходы и расходы, которые увеличивают бухгалтерскую прибыль в текущем отчетном периоде, а налогооблагаемую – в последующих. Они появляются у предприятий, которые по-разному начисляют амортизацию в бухгалтерском и налоговом учете. Но в отличие от вычитаемых налогооблагаемые временные разницы возникают тогда, когда сумма амортизации в бухучете меньше, чем в налоговом учете. ПБУ18/02 относит к налогооблагаемым временным разницам отсрочки и рассрочки по уплате налога на прибыль, а также проценты по полученным займам и кредитам.

Отложенный налоговый актив представляет собой часть отложенного налога на прибыль, на которую уменьшится налог на прибыль, подлежащий уплате в следующие отчетные периоды.

Отложенным налоговым обязательством является часть отложенного налога на

прибыль, на которую увеличивается налог, подлежащий уплате в следующих отчетных периодах.

Налог на прибыль, рассчитанный исходя из бухгалтерской прибыли, корректируется в соответствии с вышерассмотренными показателями.

Анализ формирования затрат за период 1990–2002 гг. по подотраслям лесопромышленного комплекса свидетельствует об их разнохарактерной динамике. Структура затрат лесозаготовительной промышленности имеет отличительные характеристики. Характерной для нее является относительно невысокая доля материальных затрат, которая составила в 1990 г. 35,85 %. В последние годы под воздействием инфляционных процессов доля материальных затрат неуклонно повышалась и составила в 2001 г. – 49,30 %, а в 2002 – 48,90 %. Основное влияние оказало постоянное повышение лесных податей, а также рост цен на горюче-смазочные материалы. В деревообрабатывающей промышленности наблюдались некоторые колебания доли материальных затрат от 61,02 % до 65,13 %. Такие колебания объяснялись различиями в динамике роста затрат по другим составляющим элементам в течение анализируемого периода. В целлюлозно-бумажной промышленности доля материальных затрат наиболее высокая и за анализируемый период колебалась от 67,32 % до 72,99 %.

Лесозаготовительная промышленность является наиболее зарплатоемкой отраслью, как в лесопромышленном комплексе, так и в сравнении с другими отраслями промышленности, что свидетельствует об относительно более высокой трудоемкости лесозаготовительных работ. Доля затрат на оплату труда уменьшилась с 31,51 % в 1990 г. до 24,00 % в 2002 г., но при этом остается более высокой, чем в деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности. Следует иметь в виду, что из-за постоянной задолженности по заработной плате реально начисленная и выплаченная заработная плата за изучаемый период не совпали.

Доля отчислений на социальные нужды в составе затрат выросла по всем отраслям лесопромышленного комплекса, что связано с изменением порядка формирования государственных внебюджетных фондов. Наиболее высокой она была в лесозаготовительной промышленности: в пределах от 2,65 % в 1990 г. до 9,40 % в 2000 г. Значительно ниже был удельный вес отчислений на социальные нужды в деревообрабатывающей промышленности и особенно в целлюлозно-бумажной.

Доля амортизационных отчислений в составе затрат на производство и реализацию продукции отличалась по уровню во всех подотраслях, однако имели место одни и те же тенденции и колебания. Это связано с проводимыми переоценками основных средств и изменением амортизационной политики. Удельный вес амортизационных отчислений в отраслях лесопромышленного комплекса сократился до 3,00 % в 2000 г. и до 3,60 % в 2002 г., в том числе в лесозаготовительной промышленности – до 5,10 %, в деревообрабатывающей – до 2,30 %, в целлюлозно-бумажной – до 2,70 %. При этом стоимость основных средств в сопоставимых ценах за анализируемый период резко не изменялась.

Доля прочих расходов в составе затрат подотраслей лесопромышленного комплекса возросла: в лесозаготовительной промышленности с 10,29 % в 1990 г. до 13,40 % в 2002 г.; в деревообрабатывающей промышленности с 3,64 % в 1990 г. до 10,90 % в 2000 г.; в целлюлозно-бумажной промышленности с 3,64 % в 1990 г. до 10,90 % в 2000 г. Доля прочих расходов имела резкие колебания по годам рассматриваемого периода. Это явилось следствием инфляционных явлений и резкого удорожания стоимости услуг, включаемых в прочие расходы, колебания ставок банковского процента и т.д.

В структуре материальных затрат лесопромышленного комплекса имеются различия по отдельным подотраслям. Наибольший удельный вес во всех отраслях занимают сырье и материалы. Их доля в составе материальных затрат по подотраслям изменялась незначительно.

В составе затрат на производство и реализацию продукции в лесопромышленном комплексе заметный удельный вес занимают затраты на топливо и электроэнергию. Их доля составляла в 2000 г. – 11,3 %, в 2001 г. – 11,9 %, в 2002 г. – 11,2 %. Наиболее высокие затраты на топливо и электроэнергию имеют место в целлюлозно-бумажной промышленности, более низкие затраты – в деревообрабатывающей промышленности. Более низкие затраты на топливо в деревообрабатывающей промышленности объясняются преобладанием в технологии механической переработки древесины и значительным использованием на энергетические цели древесных отходов и опилок. В лесозаготовительной промышленности затраты на топливо составили в 2000 и 2001 гг. 25,8 %, в 2002 г. – 21,4 %, что связано с большим расходом топлива и горюче-смазочных масел на технологические процессы заготовки древесины.

Наиболее энергоемкой является целлюлозно-бумажная промышленность. В деревообрабатывающей промышленности в целом затраты на энергию в общей сумме материальных затрат составили: в 2000 г. – 5,9 %, в 2001 г. – 6,4 %, в 2002 г. – 6,8 %. Высокие энергетические затраты имеют место в производстве фанеры, древесностружечных и древесноволокнистых плит.

Краткий ретроспективный анализ за период 1990–2002 годы показал, что, несмотря на определенные признаки стабилизации работы лесопромышленного комплекса в целом, начиная с 1999 г. говорить об окончательном выходе отрасли из кризиса нельзя. В результате радикальных экономических преобразований по ряду объективных и субъективных причин лесопромышленный комплекс оказался в сложном экономическом и структурном кризисе. Среди многочисленных причин – одно из основных мест на многих лесопромышленных предприятиях занимал более быстрый рост затрат на производство продукции по сравнению с ценами реализации. Ситуация как на внутреннем, так и на внешнем товарных рынках складывалась таким образом, что компенсаци-

ровать рост издержек более высокими ценами на лесобумажную продукцию не представлялось возможным. В промышленности до настоящего времени не преодолен диспаритет цен между продукцией лесопромышленного комплекса и других отраслей промышленности и, в первую очередь, отраслей естественных монополистов. В этих условиях снижение издержек на производство и реализацию продукции остается одним из важнейших факторов повышения эффективности лесопромышленных предприятий в период реформирования экономики страны на рыночных принципах. К сожалению, в этот период подавляющее большинство лесопромышленных предприятий не смогло

выработать систему управления издержками производства, что обусловило затратный характер формирования экономики лесопромышленных предприятий.

Список литературы

1. Бакаев А.С. Бухгалтерские термины и определения. – М.: Бух. учет, 2002.
2. Безруких П.С. Комментарий к Положению о составе затрат. – М.: Бух. учет, 1999.
3. Врублевский Н.Д. Управленческий учет издержек производства: теория и практика. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 352 с.
4. Котляров С.А. Управление затратами. – СПб: Питер, 2001.
5. Николаева С.А. Доходы и расходы организации. – М.: Аналитика-Пресс, 2000.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАТРАТАМИ В ЛЕСНОМ СЕКТОРЕ

М.А. МЕНЬШИКОВА, доц. каф. бух. учета, экон. анализа и аудита МГУЛа, канд. экон. наук

Лесопромышленный комплекс занимает особое место в экономике Российской Федерации и представляет собой сложное многоотраслевое образование, включающее лесозаготовительное, деревообрабатывающее, целлюлозно-бумажное и лесохимическое производства, которые сильно различаются между собой по характеру организации производства и труда.

Лесозаготовительное производство относится к добывающим отраслям промышленности, отличается высокой трудоемкостью и сезонностью производства, испытывает в своей деятельности большое влияние природно-географических факторов. Лесобрабатывающие производства относятся к заводской промышленности и отличаются от лесозаготовок более высокой материалоемкостью и энергоемкостью производства.

Деятельность лесопромышленного комплекса базируется на крупнейшей в мире лесосырьевой базе, принципиально отличающейся от других добывающих отраслей своей возобновляемостью. Леса государственного значения Российской Федерации, занимающие 774 млн га, в которых сосредото-

чено свыше 80 млрд м³ общего запаса древесины, являются надежной базой для полноценного и устойчивого функционирования и развития лесопромышленного комплекса.

По данным ОАО «НИПИЭИлеспром» лесные ресурсы характеризуются показателями, приведенными в табл. 1.

Ежегодный возможный объем заготовки древесины по главному пользованию составляет 551 млн м³, а фактически в настоящее время вырубается только около 130 млн м³ древесины. Это значит, что имеется огромный ресурсный потенциал для развития лесоперерабатывающих отраслей. Необходимо также отметить, что в 45 субъектах Российской Федерации лесобумажная промышленность составляет 10–50 % от общих объемов промышленной продукции в этих регионах.

В 2002 г. доля лесопромышленного комплекса составляла: в валовом внутреннем продукте – 2,6 %, в валютной выручке от экспорта – 4,2 %, в производстве промышленной продукции 3,6 %, в численности работающих – 8,1 %, стоимости основных производственных фондов – 3,0 %.

Лесные ресурсы и показатели их использования

Номер	Наименование показателя	Величина показателя
1	Лесопокрытая площадь, млн га	774, 2
2	Общий запас насаждений, млрд м ³	81, 9
3	Запас спелых и перестойных насаждений, млрд м ³	44, 1
4	Хвойные насаждения, млрд м ³	34, 6
5	Лиственные насаждения, млрд м ³	9,5
6	Годичный прирост, млрд м ³	970, 4
7	Расчетная лесосека, млрд м ³	551, 5
8	Вывозка древесины за 2001 г. по всем видам рубок, млрд м ³	167, 9
9	Съем древесины с 1 га лесопокрытой площади, м ³	0, 22
10	Использование расчетной лесосеки, %	23, 6

Т а б л и ц а 2

Экономические показатели работы отраслей лесопромышленного комплекса в 1999-2002 годах (по крупным и средним предприятиям)

Показатели	Ед. изм.	Год	Лесопромышленный комплекс	Лесозаготовительная промышленность	Деревообрабатывающая промышленность	Целлюлозно-бумажная промышленность	Лесохимическая промышленность
Выпуск промышленной продукции	млрд руб.	1999	128,1	23,5	48,4	55,6	0,7
		2002	247,5	42,9	94,3	108,9	1,4
Индексы физического объема	%	1999	117,2	113,4	108,4	124,6	109,2
		2002	102,4	94,1	97,9	104,6	99,8
Затраты на рубль продукции	коп.	1999	81,0	88,4	85,1	75,1	96,5
		2002	88,6	111,7	89,9	84,0	102,0
Рентабельность производства	%	1999	23,5	13,2	17,5	33,2	3,6
		2002	12,8	-10,4	11,2	19,0	-2,0
Количество убыточных предприятий	%	1999	51,0	53,3	51,7	29,9	50,0
		2002	59,0	66,5	55,5	37,8	66,7

По сравнению с основными отраслями промышленности лесопромышленный комплекс в последние годы развивается более низкими темпами (табл. 2). В целом по Российской Федерации объем промышленного производства снизился на 38,0 % к уровню 1990 г., в электроэнергетике – на 23,0 %, в топливной промышленности – на 21,0 %, черной металлургии – на 28,0 %, в машиностроении и металлообработке – на 44,0 %. В лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности такое снижение составило 53,0 %. Начиная с 1998 г. динамика объемов производства лесобумажной продукции была положительной, однако темпы роста объемов производства постоянно снижались.

В целом по лесопромышленному комплексу объем выпущенной продукции в сопоставимых ценах за период 1998–2002 г. вырос на 40,7 %. Наиболее высокий рост был достигнут в целлюлозно-бумажной промышленности – 72,4 %, в лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности – около 20,0 %. В этот период интенсивно развивалось производство бумаги и картона, а также листовых древесных материалов.

Однако экономический потенциал отрасли не задействован в достаточной мере.

Начавшийся в 1999–2002 гг. подъем лесопромышленного производства не обеспечил восстановления объемов производства основных видов лесобумажной продукции до дореформенного уровня, который в

2002 г. составил к уровню 1990 г. по производству деловой древесины – 34,3 %, пиломатериалов – 25,6 %, древесностружечных плит – 49,0 %, древесноволокнистых плит – 66,7 %, целлюлозы – 74,0 %, бумаги – 67,3 %, картона – 77,7 %.

Необходимо отметить, что в период подъема экономики лесопромышленного комплекса в целом, ситуация с важнейшими экономическими показателями в его отраслях складывалась неоднозначно, что наглядно видно из данных, приведенных в табл. 2.

Несмотря на рост объемных показателей в отпускных ценах предприятий во всех отраслях лесопромышленного комплекса, индексы физического объема в 2002 г. по сравнению с предыдущим периодом повысились только в целлюлозно-бумажной промышленности. В лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности индексы физического объема производства снизились по сравнению с 2001 г., соответственно, до 94,1 и 97,9 %. Если в 1999 г. производство продукции во всех отраслях лесопромышленного комплекса было прибыльным, то в течение 2000–2002 гг. размер получаемой прибыли и уровень рентабельности постоянно снижался, вследствие чего к 2003 г. лесозаготовительная и лесохимическая промышленность снова перешли в разряд убыточных.

Реализация предложений по стратегическому развитию лесопромышленного комплекса позволяет рассчитывать на увеличение объемов выпуска лесобумажной продукции в 2015 г. по сравнению с 2002 г. по первому сценарию («структурной перестройки») в 3,1 раза, а по второму сценарию («умеренно инерционному») – в 1,8 раза. Более высокий уровень показателей по первому сценарию развития обеспечивается как значительными темпами роста производства основных видов лесобумажной продукции за счет ввода новых мощностей, так и за счет обеспечения структурных сдвигов в пользу продукции с высокой добавленной стоимостью. Доля перерабатывающих отраслей в товарной продукции лесопромышленного комплекса увеличивается.

Затраты на 1 рубль товарной продукции планируется снизить по первому сценарию на 6,0%, по второму сценарию на – 2,0 %.

В решении задач по снижению издержек производства важное значение имеет организации системы управления затратами. Однако в годы рыночных реформ вопросам управления затратами на производство и реализацию продукции в лесопромышленном комплексе не было уделено достаточно внимания. Подтверждением этого служит отсутствие в отрасли научно-методических разработок и рекомендаций по организации управления затратами на лесопромышленных предприятиях.

Процесс управления затратами можно представить в виде определенного механизма, включающего систему основных элементов, регулирующих процесс разработки и реализации управленческих решений в области их формирования и использования.

Внешний механизм регулирования затрат включает в себя влияние соотношения спроса и предложения на себестоимость производства конкретного предприятия.

Принятие законодательных, нормативных и инструктивных актов по формированию себестоимости также регулирует этот процесс. Например, определение размера амортизационных отчислений, регулирование минимального размера оплаты труда и т.д.

Внутренний механизм управления затратами формируется в рамках конкретного экономического субъекта. На лесопромышленном предприятии должна быть разработана и утверждена система внутренних стандартов и нормативов по вопросам формирования и распределения затрат.

Основу организационного управления затратами составляет структура управления предприятием: подразделения, службы, отделы и др. Между ними различают два вида построения взаимоотношений: горизонтальные и вертикальные. Горизонтальные связи строятся на одном уровне, вертикальные являются многоуровневыми.

Общие принципы формирования организационной структуры управления могут иметь движение управленческих решений и информационных потоков строго по вертикали или при полной ответственности руководителей формируемых подразделений.

В первом случае используется линейная, линейно-функциональная и дивизионная структуры управления. Во втором случае формирование подразделений исходит из характера отдельных решаемых в комплексе проблем. При этом используется проектная и матричная структуры управления.

Для эффективного ведения лесопромышленного производства необходимо осуществлять постоянный и оперативный контроль за формированием затрат на производство в аналитическом разрезе и калькулировать себестоимость единицы продукции за отчетный период. Эти процедуры могут осуществляться с помощью управленческого учета затрат, являющегося одной из основных подсистем управленческого учета и функционирующего в рамках бухгалтерской информации на лесопромышленном предприятии. Информация, полученная с помощью управленческого учета, может использоваться как для непосредственного и оперативного управления процессом производства, так и для управленческого анализа с целью применения полученных результатов в управлении экономикой производства продукции и ее себестоимостью.

Управленческий учет представляет собой интегрированную систему подготовки информации для прогнозирования, планирования, нормирования и бюджетирования расходов и доходов, затрат и издержек производства, их контроля и анализа в целях управления и решения проблем развития лесного сектора.

В составе управленческого учета выделяется в качестве важнейшей составной части сегментарный учет.

Сегментарный учет включает систему сбора, отражения и обобщения информации о деятельности структурных подразделений предприятия. Ответственность за выполне-

ние соответствующих показателей несет руководитель центра.

На базе информации сегментарного учета строится система управленческого контроля предприятия. Степень детализации мест возникновения затрат и их увязка с центрами ответственности определяются администрацией предприятия.

При характеристике сущности управленческого учета следует отметить, что он не только имеет отличительные признаки, но и использует присущие ему приемы, способы, посредством которых отражаются объекты управленческого учета в информационной системе предприятия и совокупность которых называется его методом. Его составными частями являются: документация, инвентаризация, группировка и контрольные счета, бюджетное планирование, контроль и анализ.

Одной из важнейших задач управленческого учета в отрасли является формирование издержек лесопромышленного производства, их виды, места возникновения. Цель группировки затрат – выделить ту их часть, на которую можно повлиять в данный момент. Организация способа группировки информации должна зависеть от конкретной задачи, стоящей перед руководителем. Затраты могут быть сгруппированы:

- по видам продукции;
- по статьям затрат;
- по стадиям технологического процесса;
- по центрам ответственности;
- по степени регулируемости.

Бюджетное планирование представляет собой процесс подготовки отдельных бюджетов по структурным подразделениям или функциональным сферам предприятия. При этом могут решаться следующие задачи:

- определение стратегии развития экономического субъекта на будущее;
- определение оптимального соотношения затрат и прибыли центров ответственности и предприятия в целом;
- выявление потребности в материальных и денежных ресурсах;

- оптимизация потоков движения материальных и денежных ресурсов;
- контроль и оценка эффективности работы центров ответственности и др.

Формирование необходимой информации для достижения поставленных целей деятельности предприятия может быть обеспечено бюджетированием. В системе управления экономическим субъектом бюджетирование позволяет организовать материальные потоки, анализировать структуру затрат, финансовые потоки и т.д.

Бюджет содействует четкой и целенаправленной деятельности предприятия. Как часть управленческого контроля, бюджет создает объективную основу оценки результатов деятельности лесопромышленного предприятия как в целом, так и его отдельных подразделений. Бюджет в качестве средства координации работы различных подразделений побуждает руководителей отдельных подразделений строить свою деятельность с учетом интересов предприятия в целом.

Качество бюджетирования определяется структурой бюджетов, составом бюджетных статей, согласованностью бюджетов между собой, наличием регламентов, определяющих функции бюджетов и менеджеров.

Бюджетное управление представляет собой оперативную систему управления лесопромышленным предприятием по центрам финансовой ответственности с помощью бюджетов, позволяющих достигать поставленных целей путем наиболее эффективного использования ресурсов. Бюджетное управление отличается от бюджетирования наличием организационной структуры и обратной связи.

Составлять финансовые бюджеты лесопромышленных предприятий представляется целесообразным по формам, соответствующим формам финансовой отчетности: бюджет доходов и расходов; бюджет движения денежных средств; бюджет баланса.

Операционные бюджеты должны поддерживать финансовые. На предприятиях лесного сектора они могут включать следующие блоки:

- бюджет закупок;

- бюджет материально-производственных запасов;
- бюджет производства;
- бюджет продаж и т.д.

Такая информация используется для оперативного управления деятельностью подразделений предприятия: производства, логистики, снабжения, продаж.

На лесопромышленном предприятии должно быть разработано положение о бюджетной структуре, в котором приводятся наименования центров ответственности, а также выполняется закрепление ответственности за формированием и исполнением бюджетных статей. Положение о бюджетной структуре включает описание состава бюджетов и бюджетных статей. Определение политики бюджетирования и регламентация бюджетных форм и процедур может проводиться в специальных положениях или в отдельном разделе учетной политики.

Бюджетный регламент должен включать: разработку схемы документооборота по составлению конкретного бюджета, графика документооборота, определение периода бюджетирования; срока возможной корректировки бюджета.

Методический раздел бюджетной политики лесопромышленного предприятия формируется с целью выработки и закрепления принципов формирования показателей бюджетных статей, методов их оценки. В нем должны быть приведены:

- основные положения планирования выручки от продаж;
- методы оценки и принципы формирования себестоимости продукции;
- методы оценки имущества;
- методы отражения дебиторской и кредиторской задолженности и т.д.

В случае отсутствия положения о бюджетной структуре в организационно-техническом разделе бюджетной политики может быть оговорен состав и порядок составления бюджетов, сокращения или дополнения бюджетных статей.

В бюджетной политике определяются основные методы и процедуры для составления и контроля стратегического и текущего

го бюджетов. Одновременно выбираются метод бюджетирования, временной период, последовательность процедур по составлению бюджетов.

Бюджетирование может осуществляться методом фондирования, последовательного бюджетирования, а также с использованием записей на счетах.

Составление операционного бюджета лесопромышленного предприятия рекомендуется начать с формирования бюджета продаж. Его параметры зависят от возможностей сбыта, а также от производственных возможностей предприятия. При этом следует учесть влияние следующих факторов: сезонные колебания спроса, процесс ценообразования, стабильность поставщиков и покупателей, деятельность конкурентов.

При установлении планового объема продаж могут использоваться экспертные

оценки специалистов отдела сбыта, экономико-математические методы и другие.

На основе бюджета продаж должен разрабатываться производственный бюджет, далее составляются бюджет закупки материалов и бюджет накладных расходов, формируются бюджеты затрат по маркетингу и коммерческих расходов. Следующим этапом работы является разработка плана прибылей и убытков.

Целью разработки финансового бюджета является составление прогнозируемого баланса, который является результатом как финансовых, так и нефинансовых показателей работы предприятия лесного сектора. При этом учитываются возможности финансирования инвестиционных мероприятий, реального выбытия и поступления денежных средств, условия погашения кредиторской и дебиторской задолженностей.

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ФОРМ ОРГАНИЗАЦИИ ВЕДЕНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

Л.М. ЧЕРНЯКЕВИЧ, доц. каф экономики и финансов МарГТУ, канд. экон. наук

Реализация стратегии государственного лесопромышленного управления и ведения лесного хозяйства должна обеспечиваться системой государственного управления лесами и ведением лесного хозяйства. Радикальные экономические реформы по переводу страны на рыночные условия хозяйствования показали, что лесное хозяйство трудно адаптируется к рыночным условиям. Острые дискуссии по лесному законодательству, нестабильность финансового механизма в лесном хозяйстве, глубокий разрыв между фактическим использованием лесных ресурсов и потенциальной продуктивностью лесов, убыточность лесного хозяйства для собственника лесного фонда – государства, низкий уровень социальной эффективности свидетельствуют о необходимости реформирования системы государственного лесопромышленного управления и ведения лесного хозяйства. Теоретическое

обоснование структурных реформ государственного лесопромышленного управления и ведения лесного хозяйства наиболее полно рассмотрено в Пилотном проекте МПР РФ по разделению государственных и хозяйственных функций управления лесами. Руководитель проекта – ректор ВИПК ЛХ, проф., д-р экон. наук А.П. Петров.

Существенные изменения в понятие «лесное хозяйство» вносит введение с 01.01.2003 г. «Общероссийского классификатора видов экономической деятельности» (ОКВЭД) ОК 029–2001. Постановлением Правительства Российской Федерации от 17.02.2003 № 108 2003–2005 гг. считаются переходным периодом для введения этого документа. В указанный период формируется статистическая отчетность по Классификатору отраслей народного хозяйства (ОКОНХ) и ОКВЭД. Классификатор видов экономиче-

ской деятельности построен на основе гармонизации со статистической классификацией видов экономической деятельности в Европейском экономическом сообществе. Лесное хозяйство в России, как и в мировой практике, будет включать лесоводство и лесозаготовки. Согласно Классификатору видов экономической деятельности, лесозаготовки включают заготовку и первичную переработку древесины на сортименты. Лесоводство включает: выращивание, посадку, прореживание; охрану лесов и лесосек и др., т.е. лесохозяйственные, лесовосстановительные, лесозащитные и другие работы и услуги [4]. Исходя из изложенного, под ведением лесного хозяйства следует понимать производство продукции (работ, услуг) лесозаготовок и лесоводства.

Обязательным требованием к ведению лесного хозяйства на определенной территории лесного фонда является выполнение рекомендаций лесоустройства, обеспечивающих основные принципы государственного управления в области использования, охраны, защиты лесного фонда и воспроизводства лесов: рациональное, непрерывное и неистощительное использование лесного фонда, устойчивое развитие – сбалансированное развитие экономики и улучшение окружающей среды.

Оценка условий создания предприятий для ведения лесного хозяйства производится методом проектных макетов для организационных структур, различных по правам предоставления участков лесного фонда в пользование, источникам формирования доходов, уровню комбинирования производства, налоговым режимам предприятий.

Вариант 1. Рассматривается создание коммерческого предприятия для ведения лесного хозяйства: лесопользования с выполнением лесоводственных работ на определенной территории лесного фонда. Создание предприятия, осуществляющего лесопользование с ведением лесного хозяйства на определенной территории лесного фонда в соответствии с материалами лесостроительного проектирования экономически целесообразно при условии достижения при-

были или безубыточности от производственно-хозяйственной деятельности на стадии лесоводства и лесозаготовок.

1. Доход предприятия (R) составит выручка от реализации древесины в круглом виде, полученной от рубок промежуточного и главного пользования:

$$R = \sum_i (V_i^r + V_i^n) \cdot p_i, \quad (1)$$

где: V_i^r – объем i -ого сортимента от рубок главного пользования, тыс. м³;

V_i^n – объем i -ого сортимента от рубок промежуточного пользования, тыс. м³;

p_i – рыночная цена i -ого сортимента, р.

2. Затраты на ведение лесного хозяйства включают себестоимость продукции лесозаготовок и себестоимость производства лесохозяйственных, лесовосстановительных, противопожарных, лесозащитных и других видов работ и услуг в области лесоводства. Себестоимость продукции (работ, услуг) представляет собой стоимостную оценку используемых в процессе производства продукции (работ, услуг) природных ресурсов, сырья, материалов, топлива, энергии, основных фондов, трудовых ресурсов, а также других затрат на ее производство и реализацию. При планировании себестоимости применяется нормативный метод, предполагающий использование трудовых норм, материальных затрат, амортизационных и других норм и нормативов как разработанных на предприятиях лесного сектора экономики, так и установленных официальными нормативными документами.

Себестоимость продукции лесозаготовок определяется в соответствии с «Методическими рекомендациями (инструкцией) по планированию, учету и калькулированию себестоимости продукции лесопромышленного комплекса» [2]. Состав затрат, включаемых в себестоимость производства работ по лесоводству, формируется по нормам налогового законодательства по налогу на прибыль. В проектируемых нормативах затрат по сравнению с действующей в лесхозах как бюджетных учреждениях практикой формирова-

ния операционных затрат на лесное хозяйство дополнительно учитываются амортизация основных фондов и износ орудий, накладные расходы (общехозяйственные и общепроизводственные).

При определении себестоимости продукции, работ, услуг производится расчет переменных затрат по видам продукции, работ, услуг и условно-постоянных затрат в целом по предприятию.

2.1. Переменные затраты на лесозаготовках определяются на объем производства, который устанавливается на уровне расчетной лесосеки по главному пользованию (C^r).

2.2. Переменные затраты по видам продукции, работ в области лесоводства включают:

- материальные затраты;
- затраты на оплату труда производственных рабочих;
- отчисления на социальные нужды (единый социальный налог и отчисления в фонд обязательного страхования от несчастных случаев на производстве);
- затраты на содержание и эксплуатацию машин, механизмов и оборудования.

Прямые переменные затраты по видам продукции, работ, услуг в области лесоводства (C^l) определяются по формуле:

$$C^l = C_i^n + C_j^b + C_z^3 + C_k^{mm} + C_1^{pp}, \quad (2)$$

где: C_i^n – переменные затраты на производство i -ого вида лесохозяйственных работ, включая рубки промежуточного пользования;

C_j^b – переменные затраты на производство j -ого вида лесовосстановительных работ;

C_z^3 – переменные затраты на производство z -ого вида лесозащитных работ;

C_k^{mm} – переменные затраты на производство k -ого вида противопожарных работ;

C_1^{pp} – переменные затраты на производство прочих l -ого вида работ.

Объемы производства работ в области лесоводства устанавливаются по материалам лесоустройства.

2.3. Переменные затраты на ведение лесного хозяйства ($C_{пер}$) включают переменные затраты на лесозаготовках и переменные затраты на лесохозяйственных, лесовосстановительных, противопожарных, лесозащитных и других видах работ и услуг в области лесоводства и рассчитываются по формуле:

$$C_{пер} = C^r + C^l. \quad (3)$$

3. Маржинальная прибыль по предприятию (R_m) в системе управленческого учета директ-костинг определяется как разность между выручкой от реализации древесины в круглом виде, полученной от рубок промежуточного и главного пользования, и переменными затратами на ведение лесного хозяйства:

$$R_m = R - C_{пер}. \quad (4)$$

4. Условно-постоянные затраты ($C_{пост}$) включают общепроизводственные и общехозяйственные расходы предприятия, которые определяются в соответствии со сметой этих расходов. В условно-постоянных затратах учитываются налоги, включаемые в себестоимость продукции и начисляемые за счет прибыли до налогообложения.

5. При превышении маржинальной прибыли над постоянными затратами ($R_m > C_{пост}$) предприятие формирует прибыль от производственно-хозяйственной деятельности (r):

$$r = R_m - C_{пост}. \quad (5)$$

Если маржинальная прибыль меньше постоянных затрат ($R_m < C_{пост}$), то формируется убыток. При условии равенства маржинальной прибыли и постоянных затрат ($R_m = C_{пост}$) достигается безубыточность производственно-хозяйственной деятельности предприятия. Предприятие при определенной конъюнктуре рынка с целью увеличения прибыли от производственно-хозяйственной деятельности экономически заинтересовано в переработке древесины от рубок главного и промежуточного пользования.

При реализации данного варианта хозяйствующий субъект получает лесной фонд на правах долгосрочной аренды и должен приобретать правомочия владения и пользования участком лесного фонда. Эта норма заложена в проекте Лесного кодекса РФ. Право пользования может быть объектом залога при получении коммерческих кредитов для инвестирования в развитие предприятия.

Арендаторами могут быть частные коммерческие структуры или государственные коммерческие организации, специально создаваемые для осуществления функций хозяйственного управления лесами, то есть ведения лесного хозяйства, при отсутствии претендентов частного бизнеса. Государственная коммерческая организация может быть создана по решению Правительства РФ – федеральное государственное унитарное предприятие, или по решению Правительства субъекта РФ – государственное унитарное предприятие субъекта РФ. Имущество унитарного предприятия принадлежит на праве собственности Российской Федерации субъекту Российской Федерации.

Вариант II. Участки лесного фонда передаются в аренду с аукциона лесопользователям для заготовки древесины без ведения работ по лесоводству. Рассматривается создание государственной коммерческой организации (предприятия) для ведения работ по лесоводству на базе производственно-хозяйственной деятельности лесхозов, включая лесохозяйственное и подсобно-промышленное производство.

Данный вариант организации ведения лесного хозяйства можно рассматривать для центральных районов, где в настоящее время лесохозяйственное производство выполняют лесхозы и отсутствуют реальные хозяйствующие субъекты для выполнения лесохозяйственных, лесовосстановительных, противопожарных, лесозащитных работ. Участвуя на аукционах на равных основаниях с другими претендентами, лесохозяйственное предприятие должно иметь право на получение лесосечного фонда на заготовку древесины рубками главного пользования.

1. Доход предприятия (R) формируется за счет:

- выручки от реализации древесины от рубок промежуточного и главного пользования (R_1);
- доходов от выполнения работ по лесоводству для государственных нужд по государственному заказу (R_2);
- доходов за создание защитных насаждений на землях лесного фонда и сельскохозяйственных землях по договорам (R_3).

Суммарный доход определяется по формуле:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = \sum_i (V_i^r + V_i^n) \cdot p_i + R_2 + R_3. \quad (6)$$

Доходы от выполнения работ по лесоводству для государственных нужд по государственному заказу (R_2) определяются исходя из объемов работ и контрактных (договорных) цен на лесохозяйственную продукцию, работы, услуги. Методика определения контрактных (договорных) цен на лесохозяйственную продукцию, работы, услуги разработана ВИПК ЛХ в целях формирования рыночных отношений в лесном хозяйстве.

Контрактные (договорные) цены, определяемые в соответствии с методикой, включают:

- технологические расходы на законченные лесохозяйственные объекты, работы, услуги;
- расходы, связанные непосредственно с организацией и управлением работами;
- налоговые платежи в соответствии с налоговым законодательством;
- нормативную прибыль;
- отчисления на страхование рисков при выполнении лесохозяйственных работ.

Технологическая (нормативная стоимость) работ определяется по следующим статьям:

- основные материалы;
- оплата труда производственных рабочих;
- единый социальный налог и отчисления на социальное страхование от несчастных случаев на производстве;

– расходы на содержание и эксплуатацию оборудования.

В состав расходов, связанных непосредственно с организацией и управлением работами, включаются расходы исполнителя лесохозяйственных работ, учитываемые в сметах цеховых расходов, общепроизводственных расходов и общехозяйственных расходов. Норматив накладных расходов может быть согласован субъектами отношений.

2. Затраты на ведение лесного хозяйства включают себестоимость продукции лесозаготовок и себестоимость производства лесохозяйственных, лесовосстановительных, противопожарных, лесозащитных и других видов работ и услуг в области лесоводства. Методика расчета затрат на ведение лесного хозяйства изложена в варианте 1 и включает расчет переменных ($C_{\text{пер}}$) и условно-постоянных затрат ($C_{\text{пост}}$).

3. Маржинальная прибыль по предприятию (R_m) определяется как разность между доходом и переменными затратами на ведение лесного хозяйства:

$$R_m = R - C_{\text{пер}} \quad (7)$$

4. При условии равенства маржинальной прибыли и постоянных затрат ($R_m = C_{\text{пост}}$) достигается безубыточность производственно-хозяйственной деятельности предприятия.

Лесохозяйственное предприятие проводит отвод лесосек под рубки главного и промежуточного пользования и санитарные рубки. Лесостроительное проектирование рубок промежуточного пользования должно исходить из безубыточности их выполнения для проходных рубок, рубок переформирования и обновления, ландшафтных и реконструктивных рубок. Рубки ухода в молодняках – осветления и прочистки – как лесоводственную меру по формированию породного состава насаждений необходимо включать в государственный заказ и финансировать из бюджета. Относительно прореживаний и санитарных рубок необходимо выполнить экономическое обоснование и если затраты на их проведение превышают полу-

чаемые доходы, то предусмотреть частичное возмещение затрат из бюджета.

Лесопользование в рассмотренных экономических моделях должно иметь уведомительный характер. Целесообразность такой организации доказана опытом ведения лесного хозяйства в рыночных государствах с государственной собственностью на лесной фонд и в прибалтийских государствах, Латвии и Эстонии.

Государственное лесохозяйственное предприятие создается и функционирует в соответствии с правовыми нормами федерального закона «О государственных и муниципальных унитарных предприятиях» от 14.11.2002 № 161-ФЗ (с последующими изменениями и дополнениями). Государственное предприятие может быть создано в случае необходимости использования имущества, приватизация которого запрещена, в том числе имущества, которое необходимо для решения социальных задач. При решении об учреждении унитарного предприятия собственник определяет цели и предмет деятельности предприятия. Собственник имущества государственного или муниципального предприятия имеет право на получение части прибыли от использования имущества, находящегося в хозяйственном ведении такого предприятия.

Финансово-экономическая деятельность унитарного предприятия регулируется Уставом предприятия, нормами гражданского, налогового и трудового законодательства. Предприятие самостоятельно формирует ценовую и инвестиционную политику, производственную программу, учитывает доходы и расходы. Бухгалтерская отчетность унитарного предприятия в случаях, определенных собственником имущества унитарного предприятия, подлежит обязательной ежегодной аудиторской проверке независимым аудитором.

Жизнеспособность новой организационной структуры, встроенной в систему государственного и хозяйственного управления лесами и функционирующей на принципах рыночной экономики, должна быть подтверждена бизнес-планированием, в основе которого заложено лесостроительное

проектирование и маркетинговый анализ рынка. Цель разработки бизнес-проекта – обосновать финансово-хозяйственную деятельность организации в соответствии с разработанной стратегией, учетом потребностей рынка и возможности получения необходимых ресурсов для развития.

Бизнес-проект позволяет решить задачи, основными из которых являются:

- обоснование экономической целесообразности направлений развития организации (стратегий, концепций, проектов);

- расчет ожидаемых финансовых результатов деятельности, в первую очередь объемов продаж, прибыли;

- определение источника финансирования реализации стратегии.

Планирование продукции, работ, услуг в области лесоводства на территории лесного фонда включает:

1. Обоснование состава и объемов работ, продукции, услуг, соответствующих требованиям устойчивого управления.

2. Оценку объемов продаж по государственному заказу и расчет контрактных (договорных) цен на законченные лесохозяйственные объекты (продукцию, работы, услуги).

3. Сравнение фактических объемов с планируемыми объемами и выявление причин существенных отклонений для принятия управленческих решений по производственной программе по лесоводству.

4. Бюджетирование доходов и затрат.

- 4.1. Смета доходов и затрат по государственному заказу.

- 4.2. Смета доходов и затрат по коммерчески рубкам.

Применительно к лесоводственному планированию на определенной территории лесного фонда важное значение имеет изучение состава, объемов и способов выполнения лесоводственных мероприятий, соответствие фактических объемов производства лесоустроительному проекту, выявление отклонений и обоснование плановых решений на всех уровнях управления.

Методика экономического обоснования лесозаготовок на определенной территории лесного фонда включает:

- маркетинговый анализ рыночной среды;

- составление сортиментного плана;

- обоснование объема продаж;

- расчет затрат на производство;

- расчет финансового результата.

В основу планирования производственной программы по заготовке древесины рубками главного и промежуточного пользования и продукции ее переработки должны быть положены маркетинговые стратегии и анализ рынка.

Экономическое обоснование форм организации ведения лесного хозяйства выполнено для реальных условий лесного фонда одного из лесхозов, расположенного в малолесном районе. Общая площадь лесного фонда составляет 35 тыс. га, лесистость 17 %. Проведенный прогнозный анализ производственно-хозяйственной деятельности лесхоза выполнен за двадцатилетний период, по лесопользованию (заготовке древесины рубками главного пользования в соответствии с расчетной лесосекой в лесном фонде лесхоза) – за пятьдесят лет, финансово-экономический анализ – за период рыночной трансформации социально-экономической системы России.

Для конкретных условий территории лесного фонда было составлено 7 проектных макетов. Эффективной формой организации ведения лесного хозяйства в данных условиях является формирование государственного унитарного предприятия с наделением его частью государственных функций по государственному управлению лесным фондом в части отпуска древесины на корню лесопользователям (таблица).

Государственное предприятие самостоятельно решает вопросы организации оплаты труда, определяет уровень заработной платы работников, формирует источник финансирования для простого воспроизводства основных фондов. Лесохозяйственные предприятия дополнительно к экономически обоснованным выше видам деятельности могут выполнять работы по созданию защитных, овражно-балочных полос по договорам, вести другие разрешенные законо-

дательством и предусмотренные уставом виды экономической деятельности. Постоянные затраты на управление предприятием существенно не изменятся, поэтому экономически эффективными будут виды деятельности, по которым выручка обеспечит возмещение переменных затрат на их выполнение. При превышении выручки над переменными затратами будет формироваться дополнительная прибыль.

В соответствии с Общероссийским классификатором видов экономической деятельности лесное хозяйство включено в раздел А «Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство». Стимулирование предприятий к проведению лесозаготовок и работ и услуг в области лесоводства, полному освоению лесосечного фонда может быть реализовано через налоговый режим, подобный единому сельскохозяйственному налогу.

Переход на уплату единого лесохозяйственного налога организациями аналогично с единым сельскохозяйственным налогом должен предусматривать замену уплаты налога на прибыль организаций, налога на добавленную стоимость, налога на имущество организаций и единого социального налога уплатой единого лесохозяйственного налога, исчисляемого по результатам хозяйственной деятельности организаций за налоговый пе-

риод. Организации, перешедшие на уплату данного налога, уплачивают страховые взносы на обязательное пенсионное страхование в соответствии с законодательством Российской Федерации. Иные налоги и сборы уплачиваются организациями в соответствии с общим режимом налогообложения.

Лесохозяйственными товаропроизводителями признаются организации и индивидуальные предприниматели, производящие продукцию, работы, услуги по лесному хозяйству, осуществляющие переработку древесины и реализующие эту продукцию, при условии, что в общем доходе от реализации продукции (работ, услуг) таких организаций доля дохода от реализации произведенной ими продукции (работ, услуг) по лесному хозяйству составляет не менее 70 %. Объектом налогообложения признаются доходы, уменьшенные на величину расходов. Датой получения доходов признается день поступления средств на счета в банк и (или) в кассу, получения иного имущества (работ, услуг) и (или) имущественных прав (кассовый метод). Расходами налогоплательщиков признаются затраты после их фактической оплаты. Ставка единого лесохозяйственного налога может быть принята аналогично единому сельскохозяйственному налогу и составлять 6 %.

Т а б л и ц а

Экономическая оценка ведения лесного хозяйства в форме государственного унитарного предприятия

Наименование показателей	Сумма, тыс. р.
1. Выручка от реализации сортиментов в круглом виде	11378,6
2. Налог на добавленную стоимость	1735,7
3. Выручка без НДС	9642,9
4. Доходы по государственному заказу	4808,9
5. Итого доходы	14451,8
4. Прямые затраты на рубки промежуточного пользования	3082,9
5. Прямые затраты на лесозаготовительное производство	3265,8
6. Прямые затраты на работы и услуги в области лесоводства	4232,9
6. Маржинальная прибыль	3870,2
7. Платежи за древесину, отпускаемую на корню	518,5
8. Накладные расходы:	
8.1. Оплата труда по штатному расписанию	1599,1
8.2. Отчисления на социальные нужды	588,5
8.2. Общепроизводственные расходы, кроме оплаты труда	1045,0
9. Прибыль (убыток) от производственно-хозяйственной деятельности	119,1

Сохранение на ближайшую и краткосрочную перспективу государственной собственности на лесной фонд требует активного участия государства в осуществлении ведения хозяйственной деятельности. Государственное лесоуправление должно обеспечивать формирование лесной политики, правовой и нормативной базы на всех уровнях управления: федеральном, региональном и местном и реализовывать выработанную стратегию через структуру исполнительных органов власти. Ведение лесного хозяйства является производственной деятельностью, включает лесоводство и лесозаготовки и в условиях рыночной экономики должно быть организовано на предпринимательских принципах. Принятие управленческих решений в этой сфере должно базироваться только на экономическом обосновании.

Список литературы

1. Вопросы реформы лесной политики в России [Электронный ресурс] // [http://www.worldbank.org.ru/ECA/Russia.nsf/ECADocByUnid/824A9C617C5F429BC3256E27002A53D6/\\$FILE/forest_policy_discussion_note_rus.pdf](http://www.worldbank.org.ru/ECA/Russia.nsf/ECADocByUnid/824A9C617C5F429BC3256E27002A53D6/$FILE/forest_policy_discussion_note_rus.pdf).
2. Методические рекомендации (инструкция) по планированию, учету и калькулированию себестоимости продукции по подотраслям лесопромышленного комплекса. – М.: МГУЛ, 2002. – 215 с.
3. Национальная лесная политика России // Тр. Междунар. науч.-практ. конф., 11–12 октября 2001. – М.: МГУЛ, 2002. – 217 с.
4. Общероссийский классификатор видов экономической деятельности: Постановление Госстандарта РФ от 06.11.2001 № 454-ст.
5. Петров А.П. Государство должно стать свободным от хозяйственных функций (стратегия и тактика в лесном секторе) // <http://www.drevesina.com/material.htm?R=74&C=68>.
6. Разработка нормативов на лесовосстановительные и лесоохраняющие мероприятия: Состояние использования лесных ресурсов с позиции устойчивого управления лесами / Л.В. Смоленникова, Л.М. Чернякевич и др. // Отчет о НИР. РК № 01.200.1 18989. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – 157 с.
7. Трансформация системы управления лесным хозяйством и ее экономическое обоснование: Отчет по НИР / Л.М. Чернякевич и др. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – 279 с.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ФИНАНСИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

Э.Н. КЕРИНА, *асп. каф. технологии и оборудования лесопромышленного производства, ассистент каф. машин и оборудования лесного комплекса БрГТУ*

Инвестиции для развития экономики любого государства имеют важное значение, так как являются долгосрочными вложениями капитала для создания нового, совершенствования или модернизации действующих производственных мощностей с целью получения прибыли.

При этом под долгосрочными вложениями подразумевают, что инвестор сможет компенсировать свои вложения и начнет получать прибыль только после развертывания производства и получения первой выручки. Но не следует отождествлять понятие «инвестиции» и «кредит», так как инвестор рассчитывает только на прибыль от производ-

ства. Если прибыли не будет, то это проблема инвестора, значит он просто потерял свои деньги. Кредит – это проблема заемщика, ведь долг отдавать все равно придется.

Итак, понятие «инвестиции» – относительно новое. Если ранее, при существовании СССР, применялось понятие «капитальные вложения», которые включали все затраты на воспроизводство основных фондов и их ремонт, то инвестиции – это более широкое понятие. Их принято делить на прямые и портфельные.

Прямые инвестиции – это инвестиции, которые вкладывают непосредственно в реальные активы. Инвестиции – это не про-

сто ввоз в страну некоторого количества долларов. Инвестиции – это не только и не столько деньги. Инвестиции в конечном итоге должны быть материализованы. Это строительство, закупка нового оборудования, смена технологий. Иногда это производится для того, чтобы овладеть контрольным пакетом акций с целью получения контроля над предприятием и не является прямым вложением капитала (что и происходит в последнее время на лесопромышленных комбинатах – Братском, Сыктывкарском, Архангельском, Котлерском). То есть под прямыми инвестициями понимается приобретение инвестором акций предприятий или доли уставного капитала с правом на участие в управлении этой организацией, ее контроле и прочих действиях (участие в создании, реконструкции, расширении и другом развитии предприятия).

Портфельные инвестиции – это покупка ценных бумаг на рынке с целью их дальнейшей продажи и получения прибыли. Различают портфельные инвестиции в государственные и корпоративные ценные бумаги.

Портфельные инвестиции не вкладывают в предприятия, акции которых не котируются на рынке. Поэтому они необходимы не только в силу своей крупномасштабности, но и подвижности: при наличии на фондовом рынке акций перспективных компаний происходит лавинообразное их вливание, а при ухудшении конъюнктуры – столь же быстрый отток. Основное назначение портфельных инвестиций – укрупнять оборотные фонды предприятий, расширять возможности в условиях всеобщего дефицита финансовых ресурсов, увеличивать ликвидность вложений.

При этом главная отличительная особенность прямых инвестиций от портфельных состоит в том, что прямые вложения имеют более продолжительный срок. Они могут быть средне- или долгосрочными. Поэтому получение прибыли чаще всего ожидается не раньше чем через 5–7 лет.

Еще инвестиции можно разделить на зарубежные и отечественные. Хотя некото-

рые российские специалисты и политики придерживаются мнения, что вливание зарубежного капитала в российскую экономику пагубно для нашей экономики, оно имеет ряд преимуществ.

Использование зарубежных инвестиций позволяет:

- оживить экономику;
- получить доступ к передовой технике, технологии и методам управления;
- стимулировать развитие собственных производительных сил;
- активизировать экспорт страны;
- противодействовать увеличению внешнего долга страны;
- способствовать интеграции национальной экономики в мировую экономическую систему вследствие производственной и научно-технической кооперации;
- подготовить кадры специалистов, управленцев и предпринимателей, владеющих современными технологиями управления и организацией производства.

Для иностранных инвесторов российский рынок является достаточно привлекательным, но существуют некоторые опасения в плане его непредсказуемости. Поэтому иностранные инвесторы ждут улучшения инвестиционного климата, снижения уровня инвестиционных рисков и, соответственно, повышения рейтинга страны.

Если говорить об инвестиционном климате, то это понятие включает в себя следующие характеристики:

1. Сведения о вывозе капитала рассматриваются как свидетельство привлекательности рынка. При этом из России с начала 1992 г. и до сегодняшнего дня вывозится (в основном в нарушение законодательства) от 1,5 до 2 млрд долл. ежемесячно. Поэтому странно ожидать зарубежных инвестиций в российскую экономику до тех пор, пока не будет ужесточено законодательство в сфере оттока капитала за рубеж и возвращения российского капитала назад, что в будущем повлечет экономический рост, выплату налогов, создание новых рабочих мест и, в конечном итоге, повышение благосостояния населения.

2. Стабильная налоговая система предусматривает невысокое обложение прибылей.

3. Степень развития общей (транспорт, связь и пр.) и специальной (фондовый рынок, наличие консалтинговых и аудиторских фирм и пр.) инфраструктуры.

4. Уровень квалификации трудовых ресурсов и управленческого персонала.

5. Наличие запасов полезных ископаемых.

Проанализируем данные показатели.

Согласно отчету Госкомстата от 12 августа 2002 г. «Об иностранных инвестициях в экономику России в 1 полугодии 2002г.», по состоянию на конец июня 2002 г. накопленный зарубежный капитал в экономике России составил 38,1 млрд долл., что на 12,7 % больше по сравнению с соответствующим периодом 2001 г. При этом наибольший удельный вес в накопленном иностранном капитале приходится на прямые инвестиции – 48,7 % (для сравнения – на конец июня 2001 г. – 51,9 %), доля прочих инвестиций, осуществляемых на возвратной основе (кредиты международных финансовых организаций, торговые кредиты и пр.), составила 47,5 % (на конец июня 2001 г. – 45,1 %), портфельных – 3,8 % (на конец июня 2001 г. – 3,0 %).

В 1 полугодии 2002 г. в экономику России поступило 8,368 млрд долл. зарубежных инвестиций или на 25,2 % больше, чем за тот же период 2001 г.

Прямые инвестиции за полугодие сократились на 25,4 % по отношению к прошлому году и составили 1,872 млрд долл., портфельные сократились на 16,7 %, достигнув 199 млн. долл. Прочие же инвестиции выросли значительно – до 6,297 млрд долл. (на 60 %), что и повлияло на общее увеличение инвестиций.

При этом обозначился и существенный отток капитала. Россия за указанный период направила за рубеж 10 млрд долл. инвестиций, что на 54,9 % больше, чем за аналогичный период 2001 г. (по данным Госкомстата РФ).

Анализ вышеприведенных данных позволяет сделать вывод, что отток капитала за рубеж по-прежнему значительней поступивших в страну инвестиций, а сложившийся в России инвестиционный климат оказывается недостаточно привлекательным как для иностранных, так и для российских инвесторов. При этом значительную роль в этом сыграло государство, которое в последние годы действовало достаточно противоречиво: с одной стороны, инвестиции жизненно необходимы экономике страны и официально это поддерживалось и поощрялось, с другой стороны, извечные бюрократические проблемы, неразвитая нормативно-правовая база, система страхования инвестиционных рисков, неоднозначная таможенная и налоговая политика привели к появлению значительных трудностей при реализации инвестиционных проектов. (см. табл.)

Т а б л и ц а

Общий объем иностранных инвестиций, поступивших в 1 полугодии 2002 г.

Наименование	1 полугодие 2002 г.	
	Млн. долл.	в % к 1 полугодию 2001 г.
Инвестиции, в том числе:	8368	125,2
прямые	1872	74,6
портфельные	199	83,3
Прочие инвестиции, в том числе:	6297	160,0
торговые кредиты	809	104,6
прочие кредиты	5396	172,3

При всем этом, привлекая зарубежный капитал, не следует забывать и об отечественных инвесторах, возможности и права которых должны быть либо тождественными, либо немного шире первых. Это важно тем более, что активизация отечественных инвесторов говорит об их доверии правительству, стабильности экономики и возможности получения максимальной прибыли, которая вкладывается в отечественное производство и для его же развития и расширения.

Таким образом, у государства должна быть четкая инвестиционная политика, которая формирует инвестиционный климат и, соответственно, способствует притоку инвестиций. Для этого необходимо решить ряд вопросов:

- снизить темпы инфляции;
- упростить налоговое законодательство для стимулирования производства;
- пересмотреть таможенные пошлины, в целях их снижения для изделий глубокой переработки и их повышения для сырьевых ресурсов;
- мобилизовать свободные средства как предприятий, так и населения на инвестиционные нужды путем повышения процентных ставок по депозитам и вкладам.

Чаще всего наиболее привлекательными отраслями для отечественных и зарубежных инвестиций остаются отрасли, где присутствует быстрый оборот капитала и относительно стабильный рынок с высокими прибылями: ТЭК, производство лекарств, продуктов питания, рыболовство, полиграфия. Но у зарубежных инвесторов существует (немного в меньшей степени, чем у отечественных) интерес и к лесной промышленности.

Лесной комплекс РФ, включающий лесозаготовку, деревообработку и целлюлозно-бумажную промышленность, является одним из перспективных секторов экономики и занимает пятое место по удельному весу выпускаемой продукции среди других отраслей. На долю Российской Федерации приходится более 20 % мировых запасов древесины (свыше 80 млрд м³). Лесным бизнесом занимается более 20 тысяч предприятий различной формы организации.

Но у лесного комплекса существует также множество проблем, в частности, нехватка инвестиций.

Так, по мнению некоторых специалистов, только экспорт продукции отрасли вполне мог бы достигать 20–30 млрд долл. в год, реально же объем экспорта составляет менее 5 млрд долл. При этом нет признаков улучшения ситуации. По сведениям Госкомстата, в 2001 г. производство в лесной промышленности увеличилось чуть более чем на 2 %, а экспорт сокращается.

Анализируя факторы, которые препятствуют вложению капитала в лесную отрасль, можно выделить следующие.

1. Нелегальный вывоз древесины

По оценкам некоторых специалистов незаконная вырубка лесов в настоящее время составляет не менее 20 % от официально регистрируемых объемов лесозаготовок.

Поэтому официальные предприятия вынуждены конкурировать с нелегальным промыслом, что, естественно, достаточно трудно и негативно отражается на их развитии. Ко всему этому на лесозаготовительную промышленность приходится большое количество налогов: налог на воспроизводство, охрану и защиту лесов, налог с владельцев автотранспортных средств и прочие лесные подати. Поэтому без принятия соответствующих мер по ограничению незаконной вырубки лесов и по ослаблению налогового бремени официальным предприятиям нелегальный бизнес будет процветать, предприятия разоряться, а государство беднеть.

2. Передел собственности

В последнее время на крупных предприятиях лесного комплекса, не являющихся убыточными, очень часто возникают конфликты по поводу передела собственности. Это произошло на Братском ЛПК, Усть-Илимском ЛПК, Архангельском ЦБК, Сыктывкарском ЛПК (в 2002 г. занял первое место в России по выпуску бумаги всех видов) и прочих предприятиях как целлюлозно-бумажной, так и деревообрабатывающей промышленности. При этом силовые методы

получения власти на предприятии приносят существенный ущерб инвестиционной привлекательности отрасли.

Поэтому до тех пор, пока доступ к активам компании можно получить путем простой перекупки его задолженности, а смена владельцев предприятий будет сопровождаться вооруженным противостоянием служб безопасности конфликтующих сторон, нельзя говорить о приходе в отрасль серьезных инвесторов.

3. Российская «специфика»

Зарубежные инвесторы судят о работе предприятий на основе прибыли. Поэтому наша реальность, включающая теневую экономику, завышенную себестоимость, «черный нал», подставные фирмы и прочее, приводит их в недоумение. При этом такие предприятия на фоне полного отсутствия или малой прибыли открывают филиалы.

Для западных инвесторов подобные проекты могут обернуться либо конфликтом с правоохранительными и налоговыми органами, либо потерей репутации и банкротством предприятия.

Поэтому необходимо принимать меры по борьбе с российской «спецификой»: проблемами в корпоративном и контрактном праве, запутанностью налоговой системы, слабой работой правоохранительных органов по защите собственности и пр.

4. Низкая прибыль

Здесь существует несколько причин. Во-первых, в отечественной лесной отрасли практикуется экспорт круглых лесоматериалов. Из-за низкой добавленной стоимости на них существует спрос за рубежом. При этом в зарубежных фирмах высокая рентабельность предприятий достигается только за счет глубокой переработки древесины.

Во-вторых, даже если предприятие способно было бы перерабатывать круглый лес (а для этого необходимо соответствующее оборудование, которое требует определенных затрат), то его экспорт сдерживался бы довольно значительными экспортными тарифами, тогда как круглый лес в то же са-

мое время экспортируется беспошлинно. Все это опять же приводит к снижению конкурентоспособности продукции и уменьшению доли объема продукции высокого передела на мировом рынке.

В-третьих, техника и оборудование, применяемые на предприятиях лесного комплекса, находятся в плачевном состоянии: 75–80 % из них изношены морально и физически. Это значительно снижает конкурентоспособность получаемого продукта по сравнению с зарубежными аналогами. Поэтому при осуществлении глубокой переработки стоимость готовой продукции российского производства в 1,5–4,0 раза возрастает по сравнению со стоимостью за рубежом.

Поэтому необходима помощь государства в выявлении перспективных направлений развития лесного комплекса, обеспечения их поддержки путем налоговых и тарифных инструментов. Но все это должно осуществляться параллельно с действиями самих производителей, вкладывающих собственные средства в развитие производства, а не путем простого вывоза круглых лесоматериалов за границу.

5. Отсутствие машиностроительной базы

Для технического перевооружения производства отечественные предприятия очень часто закупают зарубежную технику. Зачастую это происходит потому, что зарубежные аналоги либо значительно лучше отечественных, либо отечественное машиностроение не выпускает всю необходимую для отрасли номенклатуру машин и оборудования. Поэтому из-за высоких таможенных тарифов на ввоз все достаточно крупные предприятия имеют проблемы с приобретением машин и оборудования по импорту. Для их решения необходимо скорректировать таможенную политику государства за счет значительного снижения или полной отмены пошлин на импортируемое оборудование; скорректировать налоговую политику в части предоставления льгот отечественным машиностроительным предприятиям как для собственных разработок, так и для совместных проектов с зарубежными фирмами, произво-

дьящими специализированное оборудование; поддержать лизинг техники.

6. Отсутствие четкой политики в сфере аренды лесных участков

Предоставление в аренду лесных участков осуществляется в большинстве случаев на небольшой срок (от 2 до 5 лет), хотя по закону аренда возможна на 49 лет. Поэтому данная ситуация (в отличие от мелких предприятий) неприемлема для крупных компаний, которые заинтересованы в стабильности и долгосрочности своего дела, что требует вложения средств в лесовосстановление и является длительным процессом.

Следовательно, лесной бизнес только тогда будет выгоден, когда аренда леса станет долгосрочной. Для этого необходимо упростить процедуру распределения лесных участков на открытых конкурсах, дающих право аренды на 49 лет. В настоящее же время из-за сложности процедуры на таких конкурсах распределяется всего лишь 17 % участков.

Данная ситуация в лесном комплексе активно обсуждается на различных уровнях: в «Союзе лесопромышленников и экспортеров», на различных форумах (например, на открывшемся в сентябре 2002 г. в московском Центре международной торговли форуме «Лес и человек», в ноябре 2002 г. «Лизинг 2002» и пр.), в кругу правительственных чиновников и законодателей, властей региональных администраций.

Например, в марте 2002 г. проходило обсуждение политики развития лесного комплекса России между главой кабинета министров Михаилом Касьяновым и финским премьером Пааво Липпоненом, являющимся крупнейшим партнером России в этой сфере. Итогом саммита по проблемам леса стало подтверждение того, что инвестиции в лесной комплекс необходимы; зарубежные инвесторы готовы их вкладывать, и, в частности, Финляндия готова увеличить свои инвестиции в российскую лесную отрасль: в стадии разработки во второй половине 2002 г. находились проекты на сумму более 1,8 млрд долл., к которым относятся строительство

ЦБК производительностью 600 тыс. т целлюлозы; строительство комбината в Новгородской области (инвестиций около 500 млн долл.) и двух предприятий по производству пиломатериалов в Хабаровском крае (инвестиции в 600 млн долл.). При этом за последние десять лет Финляндией всего было вложено около 79 млн долл., из которых прямые инвестиции составляют около 66 млн. долл.

Итак, наиглавнейшей причиной всех бед лесной промышленности, которую выделяют на всех уровнях, является длительное отсутствие интереса к лесной отрасли со стороны правительства. Следствием этого явилось отсутствие национальной лесной политики. Поэтому лесной комплекс был предоставлен сам себе: существовал на собственные ограниченные ресурсы и был лишен возможности лоббирования своих интересов во властных структурах.

Но сегодняшний круг проблем не позволяет лесному комплексу решить их самостоятельно. Необходима как государственная поддержка, так и действия самих производителей, вкладывающих собственные средства в развитие производства. Необходимо более эффективное использование лесного комплекса.

Все вышесказанное наталкивает на мысль о том, что необходимо проанализировать возможные источники инвестирования на примере лесного комплекса Иркутской области, которая в настоящее время восстанавливает свой потенциал, в определенной степени утраченный в процессе реформирования экономики. Согласно программе «Развития лесопромышленного комплекса Иркутской области на период 2001–2005 гг.» предусматривается повышение эффективности и конкурентоспособности лесного комплекса и достижения дореформенного уровня заготовки древесного сырья (24,6 миллионов кубометров), который в последнее десятилетие неуклонно снижался, несмотря на превышение спроса над предложением на деловую древесину.

Итак, осуществить структурную перестройку в лесном комплексе в короткие сроки невозможно, так как перед отраслью стоит проблема срочной реконструкции (техниче-

ского перевооружения) предприятий, занятых непосредственно лесозаготовками. Необходима реновация оборудования на базе современной новой и новейшей техники. Это мероприятие требует значительных инвестиций, а финансовое положение большинства лесных предприятий критическое. Например, в лесозаготовительной отрасли высокий удельный вес убыточных предприятий. По сравнению с другими отраслями промышленности он составляет 78,7 %.

В связи с тяжелым финансовым положением и социально-экономической ситуацией в лесном комплексе необходимо искать пути выхода из создавшегося положения. Первым делом следует выстроить систему приоритетных направлений развития лесного комплекса. Она включает:

- обеспечение стабильности лесозаготовок на основе ведения хозяйственной деятельности на принципах неистощимости лесопользования;
- использование прогрессивных ресурсосберегающих, безотходных и экологически безопасных технологий и техники;
- осуществление глубокой переработки древесины для экспортных поставок с целью сохранения существующего рынка сбыта и его расширения;
- определение источников финансирования лесных предприятий на федеральном и региональных уровнях;
- разработку различных вариантов развития лесного комплекса в зависимости от уровня государственной поддержки и объемов инвестиций;
- разработку комплекса инновационных проектов с участием как отечественных, так и зарубежных инвесторов;
- разработку информационной и нормативно-правовой базы обеспечения вариантов предлагаемых решений;
- разработку схемы управления, координации и регулирования деятельности лесопромышленных предприятий.

Следование данной системе приоритетных направлений позволит начать решать проблемы инвестирования предприятий лесного комплекса.

Такая проблема существует на всех предприятиях, особенно если эти предприятия стремятся расширить свое производство. Получение предприятиями инвестиций является необходимостью в виде долгосрочного планирования.

В настоящее время традиционными источниками инвестиций являются: собственный капитал предприятий, бюджетное беспроцентное кредитование, зарубежные источники и банковский кредит. Оценим их реальную применимость в данных конкретных условиях.

Собственный капитал предприятия

Собственным капиталом могут быть средства, которые формируются из амортизации и прибыли. Но на практике в связи с катастрофической нехваткой оборотных средств значительная часть амортизационных отчислений (по некоторым данным 40–50 %) расходуется в процессе производства. Поэтому ее применение нереально.

Инвестирование прибыли также крайне затруднительно, так как большая часть предприятий убыточна.

В настоящее время инвестиции вкладывают только в те отрасли, которые имеют устойчивый сбыт и короткий срок окупаемости, например, производство лекарств, продуктов питания и пр.

Таким образом, применительно к лесной отрасли данный источник инвестирования реально может быть использован только в условиях леспромпхозов, организационно входящих в структуру крупных лесоперерабатывающих объединений (холдинги, концерны, комбинаты), имеющих достаточную прибыль от глубокой переработки древесного сырья. Для средних и мелких предприятий этот путь невозможен в связи с невысокой их рентабельностью, обусловленной недостатками ценообразования и действующей налоговой системой.

Бюджетное беспроцентное кредитование

В настоящее время инвестиционные расходы государства сводятся к минимуму из-за несбалансированности государственно-

го бюджета: низкий объем налоговых поступлений, растущие обязательства перед бюджетной и социальной сферами, растущий внешний долг и пр. При этом даже заложенные в бюджет инвестиционные расходы в случае форс-мажорных обстоятельств попадут под правительственный секвестр одними из первых.

Ежегодный дефицит инвестиций в России составляет, по некоторым оценкам, не менее 42–45 млрд долларов. В то же время инвестиционный потенциал, учитывая перспективы 250 участков разработки российских недр (имеется официальный перечень недр), оценивается в 200 млрд долларов.

Для увеличения расходов государства на инвестиционные нужды российские власти пытаются заимствовать средства на Западе, которых по данным специалистов для поддержки наиболее эффективных проектов в экономике необходимо в объеме 60 млрд рублей. При этом обязанность возврата кредитов лежит на федеральном правительстве, а не на предприятиях, получивших оборудование. Таким образом, государство вынуждено идти на увеличение внешнего долга, чтобы промышленность получала остро необходимые ей инвестиционные ресурсы. Недостатки такой политики очевидны.

Таким образом, данный источник инвестиций – бюджетное беспроцентное кредитование – возможен в настоящее время только теоретически. Причина – ограниченность финансовых ресурсов в государственной казне, региональных и местных бюджетах. Со стороны государственных структур возможны скорее мероприятия по созданию условий для формирования на предприятиях необходимых накоплений (рыночный протекционизм, железнодорожный тариф, налоговые льготы и т.д.).

Зарубежные источники инвестиций

Иностранные инвестиции в предприятия лесного комплекса пока редки и производятся чаще всего в более рентабельные производства по переработке древесного сырья. Инвестиции непосредственно в лесозаго-

товительное производство единичны. Низкая активность зарубежных инвесторов объясняется известными причинами – недостаточностью государственных (законодательных) гарантий сохранности вложенных в российскую экономику средств и проблемой вывоза получаемых прибылей. Получение иностранных инвестиций мелкими и средними лесозаготовительными предприятиями более чем проблематично.

Банковский кредит

До 2000 г. российская банковская система являлась тормозом для вложения инвестиций, так как возникали сложности получения кредита по доступной цене, сложности оперативного осуществления платежных операций, активно применялся «черный нал», многие банки переориентировались на криминальные операции.

Еще более плачевная ситуация в российских инвестиционных фондах (страховые и пенсионные), которые в западных странах являются крупнейшими институциональными инвесторами, мобилизующими ресурсы на долгосрочные инвестиции. В России же их мало из-за отсутствия должного законодательства в части пенсионных и страховых сбережений, достаточного количества квалифицированных управляющих компаний, а также низкой рентабельности деятельности компании.

В настоящее же время в банковской системе сосредоточились значительные финансовые ресурсы. Однако банковский капитал предпочитает функционировать преимущественно в сфере обращения, имеющей более короткий период оборота капитала. Тем не менее в определенных условиях при наличии надлежащего обеспечения получение кредита для инвестиций для лесной промышленности возможно, хотя для малых и средних предприятий такой источник инвестиций не является в достаточной мере доступным.

Произведенный анализ показывает практическое отсутствие источников инвестиций для технического перевооружения (или хотя бы поддержания потенциала) лесоза-

заготовительных предприятий, особенно средних и малых.

Создавшаяся ситуация требует поиска новых нетрадиционных подходов к инвестиционной практике. Одним из них может стать особая форма инвестирования – лизинг.

Лизинг – это разновидность аренды, которая получила в последнее время широкое распространение в мире в качестве одного из наиболее эффективных методов финансирования инвестиционной деятельности. На условиях лизинга финансируется 20–25 % общего объема инвестиций в индустриально развитых странах. В России лизинг пока еще не получил надлежащего распространения, используется sporadически, чаще всего при сделках, заключаемых с иностранными фирмами.

Главной отличительной особенностью лизинга является то, что по договору лизинга в пользование передается оборудование, которое специально приобретено лизинговой компанией по заказу лизингополучателя. Причем это очень важная особенность, так как посредством лизинга возникает возможность производить обновление парка машин и оборудования в соответствии с достижениями научно-технического прогресса. Применение лизинга позволяет также мелким и

средним предприятиям обновлять свой парк машин и оборудования без отвлечения из процесса производства значительных оборотных средств.

Поэтому, учитывая значимость лизинга для мелких и средних предприятий лесного комплекса, не имеющих достаточного количества средств для покупки необходимого оборудования, следует надеяться на содействие государства в развитии этой деятельности. В этом случае активизируется производственно-хозяйственная деятельность страны, что привлечет инвестиции в экономику: начнут выходить из кризиса лесные предприятия, появятся новые рабочие места и, соответственно, увеличатся налоговые поступления.

Список литературы

1. Данные Госкомстата.
2. Лещенко М.И. Основы лизинга: Учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 336 с.
3. Паршев А.П. Почему Россия не Америка: книга для тех, кто остается в России. – М.: Крымский Мост-9Д, Форум, 2001. – 411 с.
4. Состояние и перспективы развития лесопромышленного комплекса России. – М.: Рейтинговое агентство «Эксперт РА», 2002.
5. Социально-экономические проблемы России: Справочник. – М.: ФИПЕР, 2001.

ПОСТРОЕНИЕ ФУНКЦИИ ПРИБЫЛИ В ОПТИМИЗАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОИЗВОДСТВА ФАНЕРНОЙ ПРОДУКЦИИ

М.В. БИРЮКОВА, *асп. каф. экономики о организации обрабатывающих отраслей промышленности МГУЛа*

Важнейшим этапом построения оптимизационной математической модели производства фанерной продукции является выбор основных, главных экономических и технологических параметров, характеризующих специфику фанерного производства. Другим важнейшим этапом является установление взаимосвязи между этими параметрами.

В разрабатываемой нами математической модели критерием оптимизации явля-

ется прибыль. Прибыль, как известно, определяют два основных фактора: цена и себестоимость. В общем виде целевую функцию прибыли можно представить следующим образом:

$$\max \bar{I} = \sum_{i=1}^n (P_i - S_i) N_i, \quad (1)$$

где: \bar{I} – общая прибыль предприятия за исследуемый период;

i – номер вида продукции, выпускаемой предприятием ($i = \overline{1; n}$);

N_i – объем производства i -го вида продукции;

P_i – цена единицы продукции i -го вида в отчетном периоде (в текущих ценах предприятия);

S_i – себестоимость единицы продукции i -го вида.

Цена единицы продукции каждого вида включается в модель в качестве параметра и определяется по данным анализируемого предприятия. Что касается себестоимости, то в классических моделях оптимизации прибыли ее обычно включают также в качестве параметра (константы) [1, 2]. Это существенно упрощает моделирование, и в таком случае оптимизационная модель является линейной. Однако на основании проведенных нами исследований особенностей экономики фанерного производства себестоимость не является параметром, а является функцией от объема производства N_i , поэтому целевая функция прибыли в оптимизационной модели производства фанерной продукции будет нелинейной.

При построении модели мы рассматриваем себестоимость как совокупность условно-переменных и условно-постоянных издержек. Причем условно-постоянные издержки включаются в модель в качестве параметра (константы). Переменные издержки складываются из нескольких видов затрат (затраты на сырье, материалы, заработную плату, электроэнергию, теплоэнергию, упаковку). Проведенный нами анализ этих видов затрат показал, что только затраты на сырье являются функцией, зависящей от объемов производства. Остальные же виды затрат можно включить в целевую функцию в виде параметров (констант). Таким образом, целевую функцию можно представить в следующем виде:

$$\max \bar{I} = \sum_{i=1}^n \left(P_i - \left(S_{\text{дои}}(N_i) + \sum_{k=1}^l S_{ki} \right) \right) N_i - S_{\text{const}}, \quad (2)$$

где сумма $\sum_{k=1}^l S_{ki}$ имеет следующее конкретное представление:

$$\sum_{k=1}^6 S_{ki} = S_{\text{ни}} + S_{\text{с/и}} + S_{\text{д/и}} + S_{\text{у/и}} + S_{\text{о/и}} + S_{\text{о/и}}, \quad (i = \overline{1; n}),$$

где: \bar{I} – общая прибыль предприятия за исследуемый период;

i – номер вида продукции, выпускаемой предприятием ($i = \overline{1; n}$);

N_i – объем производства i -го вида продукции;

P_i – цена единицы продукции i -го вида в отчетном периоде (в текущих ценах предприятия);

$S_{\text{ср}}(N_i)$ – затраты на сырье на единицу i -го вида продукции, зависящие от объемов производства и ассортимента продукции;

S_{const} – условно-постоянные издержки предприятия за исследуемый период;

$S_{\text{см}}$ – затраты на смолу, руб./м³;

$S_{\text{з/пл}}$ – затраты на заработную плату, руб./м³;

$S_{\text{омч}}$ – отчисления на социальные нужды, руб./м³;

$S_{\text{эл}}$ – затраты на электроэнергию, руб./м³;

$S_{\text{мен}}$ – затраты на теплоэнергию, руб./м³;

$S_{\text{уп}}$ – затраты на упаковку продукции, руб./м³;

S_{ki} – k -й вид переменных издержек на производство i -го вида продукции, ($k = \overline{1; l}$).

Как показывает анализ, в себестоимости продукции фанерного предприятия наибольший удельный вес имеют затраты на сырье (достигают 65–70 %). В связи с этим особенно важно точно учесть этот вид затрат при моделировании. Сложность учета затрат на сырье при моделировании заключается в особом распределении затрат по видам продукции. Это связано с характерной особенностью фанерного производства – его комплексностью (сопряженностью) в отношении сортов сырья, шпона и клееной продукции, т.е. в едином технологическом процессе из одного вида сырья получают сначала большое количество сортов шпона, а затем из шпона большое количество сортов фанеры. В связи с этим затраты в фанерном производстве распределяют по видам продукции особыми методами, поскольку при рас-

пределении затрат надо учесть сортность получаемой продукции.

Физический смысл этой особенности фанерного производства заключается в следующем. Из одного сортимента фанерного кряжа в результате технологического процесса получают различные сорта шпона. Цена фанерного кряжа и затраты на получение шпона у различных сортов шпона одинаковы. Все остальные затраты, связанные с получением из этого шпона фанеры разных сортов, также незначительно отличаются. Таким образом, получается парадоксальная ситуация – фактические затраты на получение фанеры, например, наивысшего сорта Е и низшего сорта 4/4 практически одинаковы, а вот цена готовой фанеры этих сортов отличается почти в 3 раза. Таким образом, высший сорт будет сверхрентабельным, а низший нерентабельным, если затраты на сырье отнести просто по нормам расхода древесины. Однако на самом деле затраты на сырье на единицу различных видов продукции не могут быть одинаковы, поскольку на высший сорт фанеры используется высший сорт шпона, потребительская стоимость которого выше, чем у низших сортов шпона. Таким образом, на получение фанеры более высоких сортов должно быть отнесено большее количество затрат на сырье, поскольку на нее используется более качественный шпон, а следовательно, и более дорогостоящий.

Таким образом, необходима особая методика распределения сопряженных затрат с учетом сортности продукции. Полностью сопряженными будут являться только затраты на изготовление сырого шпона. Остальные стадии фанерного производства, начиная от сушки шпона и до выпуска конечной продукции, обладают свойствами некомплексного производства: каждый сорт продукции может вырабатываться на отдельном оборудовании, отдельными бригадами и т.д., т.е. соответствующие затраты в этом случае могут быть не сопряженными, а индивидуальными. Для практических расчетов по рекомендации ЦНИИ фанеры [3], можно принять, что сопряженными являют-

ся не затраты на производство сырого шпона, а затраты на сырье разного качества до его обработки, так как они в отличие от затрат на производство шпона в калькуляции фанерного предприятия выделяются в отдельную статью. При этом затраты только в одной статье можно распределять с учетом сортности. Остальные затраты не являются сопряженными, а поэтому в модели мы их принимаем в качестве параметров (констант).

Распределение сопряженных затрат основано на важной экономической особенности комплексного производства, заключающейся в том, что сопряженные затраты распадаются по изделиям комплекса пропорционально их потребительной стоимости. Учитывая, что наиболее точным показателем потребительной стоимости сортов фанерной продукции являются проверенные временем соотношения цен для фанеры, а также выведенные из них коэффициенты сортности, необходимо все сопряженные затраты распределять пропорционально данным коэффициентам [3]. В этом случае рентабельность каждого сорта фанеры внутри каждой марки фанеры будет примерно одинаковой. В соответствии с этой особенностью фанерного производства была разработана методика распределения затрат на сырье по каждому виду и сорту фанерной продукции. Эта методика была предложена Ковалевым Е.А., опубликована в трудах ЦНИИ фанеры [3] и в настоящее время в скорректированном виде рекомендуется к применению [4].

В реальных условиях статья затрат на сырье может определяться разными способами. На некоторых фанерных предприятиях распределение проводят в соответствии с методикой ЦНИИ фанеры по особым коэффициентам распределения затрат. На других предприятиях эти затраты распределяют просто пропорционально коэффициентам сортности. По данным ЦНИИ фанеры этот метод является не очень точным. Однако, как правило, при любом методе распределения затрат по объектам калькулирования на предприятиях ведется укрупненно, то есть

отдельные наименования фанерной продукции обычно объединяют в группы и по ним производится распределение затрат (например, если на фанерном предприятии выпускают 2 вида фанеры общего назначения ФК и ФСФ разных сортов и толщин, то распределение затрат производят по двум группам: фанера ФК и ФСФ, а не по каждому объекту каждого сорта и толщины). Для целей моделирования такое объединение недопустимо, поскольку необходимо точно определить затраты по каждому объекту калькулирования. И, следовательно, при моделировании нет возможности определить этот вид затрат по данным предприятий, поскольку на предприятиях, как правило, нет таких данных. А приближенные расчеты на основании имеющихся данных предприятия, при столь высоком удельном весе затрат на сырье в себестоимости, приведут к неточному значению себестоимости, что приведет к ошибке в оценке рентабельности продукции. Поэтому необходимо установить вид математической зависимости функции себестоимости продукции от объемов производства N_i и других параметров.

Нами была решена эта непростая задача. Установленная зависимость затрат на сырье на единицу продукции от объемов производства оказалась нелинейной, и целевая функция после проведения преобразований принимает следующий вид:

$$\max \dot{I} = \sum_{i=1}^n \left(P_i - \left(\ddot{O}_{\dot{n}i}(N_i) \cdot H_{ci} + \sum_{k=1}^l S_{ki} \right) \right) N_i - S_{const}, \quad (3)$$

где функция расчетной цены сырья имеет вид:

$$\ddot{O}_{\dot{n}i}(N_i) = \frac{\sum_{i=1}^n H_{ci} \cdot \ddot{O}_{\dot{n}i}^{ac} \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i \cdot H_{ci} \cdot k_{ci} \cdot k_{oi}},$$

где: \dot{I} – общая прибыль предприятия за период;

i – номер вида продукции, выпускаемой предприятием ($i = \overline{1; n}$);

N_i – объем производства i -го вида продукции;

P_i – цена единицы продукции i -го вида в отчетном периоде (в текущих ценах предприятия);

S_{ki} – k -ый вид переменных издержек на производство i -го вида продукции;

$\dot{C}_{ci}(N_i)$ – расчетная цена сырья для i -го вида продукции;

H_{ci} – средневзвешенная норма расхода сырья на единицу продукции вида i ;

\dot{C}_c^{B3} – средневзвешенная цена сырья;

k_{ci} – коэффициент распределения затрат в зависимости от сортности продукции вида i ;

k_{oi} – коэффициент, учитывающий различия в ценах сырья разных пород и длины чураков (кряжей).

Таким образом, построена целевая функция прибыли для оптимизационной модели фанерного производства. Достоинство модели в том, что она учитывает специфику экономики фанерной отрасли. Математическая модель оптимизации прибыли позволит фанерным предприятиям определить пути максимизации прибыли и наиболее эффективно решать целый ряд задач краткосрочного планирования и прогнозирования.

Список литературы

1. Экономико-математические методы и прикладные модели: Учеб. пособие для вузов / В.В. Федосеев, А.Н. Гармаш, Д.М. Дайитбегов и др.; Под ред. В.В. Федосеева. – М.: ЮНИТИ, 2000. – 391 с.
2. Перепелицкий С.Н. Экономико-математические методы и модели в планировании и управлении на предприятиях лесной промышленности: Учеб. для вузов. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 360 с.
3. Ковалев Е.А. Совершенствование методов распределения затрат на сырье при калькулировании себестоимости фанерной продукции. Сб. тр. ЦНИФ. – М., 1985. – С. 105–115.
4. Методические рекомендации (инструкции) по планированию, учету и калькулированию себестоимости продукции лесопромышленного комплекса. – М.: МГУЛ, 1999. – С. 256.

ИЗМЕНЕНИЯ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ХЛОПКОВОЙ И ДРЕВЕСНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ МЕТОДОМ ГИДРОЛИТИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ

О.А. НОСКОВА, доц. каф. технологии целлюлозно-бумажного производства Пермского государственного технического университета,
Ф.Х. ХАКИМОВА, проф., зав. каф. технологии целлюлозно-бумажного производства Пермского государственного технического университета,
Т.Н. КОВТУН, доц. каф. технологии целлюлозно-бумажного производства Пермского государственного технического университета

Характерным морфологическим образованием природной целлюлозы, как известно, является волокно. Именно волокнистая форма целлюлозы определяет возможность получения из нее различных материалов – нитей, бумаги, древесно-волокнистых плит и т.п. Нарушение волокнистой формы деструкцией волокон механическим или химическим путем приводит к изменению многих свойств целлюлозы, прежде всего к изменению ее способности образовывать переплетенную (волокнообразную) структуру. Целлюлоза с деструктированной формой волокон представляет собой порошкообразную массу [1].

Целлюлоза в форме порошка в силу иногда исключительных качеств, не присущих природной волокнистой целлюлозе (например, чрезвычайно высокая твердость спрессованного материала, его негорючесть, высокая гелеобразующая способность некоторых видов целлюлозы в форме порошка), а также модификация свойств природной целлюлозы при получении такого продукта (повышение или понижение степени кристалличности, значительное, как правило, увеличение удельной поверхности, изменение реакционной способности ее гидроксильных групп, стабильность гликозидной связи) привлекает к себе внимание специалистов чрезвычайно широкого круга, работающих как над созданием новых производств, так и по совершенствованию имеющихся технологий, заменяя дорогостоящие материалы, уменьшая их энерго- и материалоемкость [2].

Продукт в виде порошка или геля используют в различных отраслях народного

хозяйства: в медицинской и фармацевтической промышленности как вспомогательное средство при изготовлении таблеток; в пищевой промышленности при изготовлении печеной продукции, сладостей, рыбных консервов, майонезов, мясных и молочных продуктов; в косметике в качестве основы пудр, кремов; в технике для фильтрации, в качестве носителя катализаторов, как добавку при переработке синтетических полимеров и в материалах высокой прочности и термостабильности. Целлюлозу в виде порошков используют при получении производных на ее основе, а также в аналитической химии для колоночной и тонкослойной хроматографии.

Для производства порошковой целлюлозы используются различные по свойствам виды сырья и химикатов. Сырьем для получения порошковой целлюлозы служит, в основном, хлопковая и древесная целлюлоза [2]. Возможно использование отходов марлеперерабатывающих заводов, образующихся при резке кромок и концов рулонов марли, которые вырабатываются из высококачественного целлюлозного сырья: хлопковой (70 %) и вискозной (30 %) пряжи [3]. Предлагается получать порошковую целлюлозу из отходов хлопкоочистительных заводов; сельскохозяйственных отходов, содержащих относительно небольшие количества лигнина (шелуха соевых бобов, гороха, отруби и т.д.); из отходов трикотажа; из кочерыжек кукурузных початков [2].

В зависимости от назначения порошкообразная целлюлоза может быть получена различными способами: механическим (су-

хой размол, размол в вибрационной мельнице), термомеханическим (перед размолом сырье подвергают термообработке), химическим (гидролиз щелочами, кислотами, кислыми солями, щелочно-окислительная обработка) и высаждением целлюлозы из ее растворов. В результате образуются порошки, различающиеся морфологической структурой, степенью кристалличности, степенью полимеризации, гранулометрическим составом и другими характеристиками, что определяет в конечном счете их макроскопические свойства и область применения.

При механической деструкции разрушение происходит случайным образом, а продукт деструкции является аморфным (полностью или частично). При этом образуется порошок, чаще всего состоящий из анизометрических частиц, т.е. частиц, для которых характерны разные размеры волокна в различных направлениях [13]. Механической обработкой почти невозможно разрушить химические связи в аморфных участках, связывающих макрокристаллические образования трехмерной структуры, поэтому препараты фибриллированной целлюлозы, полученные только механическим размолом, не образуют стабильных коллоидных дисперсий. Порошковая целлюлоза, полученная таким способом, имеет гладкую поверхность, срезы волокон ровные или заканчиваются пучками фибрилл.

При осаждении целлюлозы из ее растворов образуется порошок с малой степенью упорядоченности.

При химическом способе деструкции (гидролизе) распад совершается по слабым связям (в аморфных зонах), а продукт деструкции является высококристаллическим. Поверхность такой порошковой целлюлозы корродирована, концы волокон имеют характерообразные углубления [14].

Наиболее распространенным способом получения порошковой целлюлозы является кислотный гетерогенный гидролиз с последующим механическим измельчением.

На кафедре технологии целлюлозно-бумажного производства Пермского государственного технического университета

разработаны оптимальные условия получения порошковой целлюлозы из хлопковой и древесной сульфитной вискозной целлюлозы методом кислотного гетерогенного гидролиза, а также изучены основные закономерности этого процесса. Оптимальные условия разработаны с помощью математического планирования эксперимента с целью получения порошковой целлюлозы для использования в пищевой, фармацевтической и медицинской промышленности. Разработанные оптимальные условия обеспечивают получение порошковой целлюлозы с максимальным выходом (для хлопковой целлюлозы 96,4 %, для древесной целлюлозы 94,0 %) и степенью полимеризации около 250.

В данной работе приведены результаты исследований по изучению изменений в процессе гидролитической деструкции физико-химических свойств целлюлозы: степени полимеризации, выхода, сорбционной способности по йоду, водоудержания, медного числа, массовой доли карбонильных и карбоксильных групп, растворимости в щелочи, насыпной плотности.

Исследовали изменения приведенных выше показателей в процессе гидролиза хлопковой и древесной вискозной целлюлозы соляной кислотой по разработанным оптимальным режимам. Оптимальные условия проведения гидролиза соляной кислотой для хлопковой и древесной вискозной целлюлозы, соответственно: температура гидролиза 80 и 85 °С, концентрация кислоты 2,8 и 4,5 %, продолжительность гидролиза 105 и 110 мин. Для исследования физико-химических свойств целлюлозы в процессе гидролитической деструкции гидролиз проводили до предельного значения степени полимеризации, так как этот показатель является основным при характеристике степени деструкции целлюлозы.

В процессе гидролиза при действии минеральных кислот на волокна целлюлозы происходит растворение аморфной части макромолекул целлюлозы, что приводит к разрушению волокнистой структуры целлюлозы, уменьшению линейных размеров волокна и образованию порошка. В результате

гидролиза целлюлозы образуется смесь продуктов различной молекулярной массы и различных размеров.

Исходная хлопковая целлюлоза представляет собой длиноволокнистое сырье. Размеры волокон для этого вида целлюлозы колеблются от 3 до 31 мм [4].

Наибольшая длина волокон вискозной древесной целлюлозы составляет 4 мм, причем основное количество волокон имеют размеры от 0,4 до 3,2 мм [5].

Нами было установлено, что снижение размеров волокон древесной целлюлозы в процессе гидролитической деструкции происходит более интенсивно, чем для хлопковой целлюлозы. Определение длины волокон проводили на анализаторе размеров волокон FS-200 фирмы «Каяни электрикс лимитед» (Финляндия).

На рис. 1 представлены гистограммы распределения волокон целлюлозы со степенью полимеризации около 250. Такая целлюлоза была получена по оптимальным режимам гидролиза волокнистой хлопковой и древесной вискозной целлюлозы.

Исследования показали, что из хлопковой целлюлозы был получен целлюлозный порошок с меньшей долей частиц, имеющих размеры до 0,3 мм (фракция А) по сравнению с целлюлозным порошком, полученным из древесного сырья. У целлюлозного порошка, полученного из хлопковой целлюлозы, распределение частиц фракции А по

размерам равномернее, чем у древесной целлюлозы. Основную долю фракции А древесной порошковой целлюлозы составляют частицы размером до 0,1 мм (46,5 %) и 0,1–0,2 мм (32,5 %). Содержание частиц размером 0,2–0,3 мм во фракции А минимальное. Однако в целлюлозном порошке, полученном из хлопковой целлюлозы, наблюдается неравномерное распределение частиц, составляющих фракцию В (наибольшую долю 13,3 % составляют частицы с размером 0,3–0,4 мм), тогда как распределение частиц фракции В для древесной целлюлозы более равномерное. Вероятно, различия во фракционном составе различных образцов порошковой целлюлозы объясняются особенностями морфологического строения сравниваемых волокнистых целлюлоз и более жесткими условиями получения целлюлозного порошка из древесной целлюлозы.

Основная цель процесса гидролиза – расщепление гликозидных связей между элементарными звеньями макромолекулы целлюлозы.

При гидролитической деструкции целлюлозы в результате воздействия гидролизующих агентов (водных растворов кислот) происходит разрыв гликозидных связей. Именно наличие гликозидных связей является причиной сравнительно низкой устойчивости целлюлозы к действию водных и спиртовых растворов кислот, а также воды при высокой температуре [6].

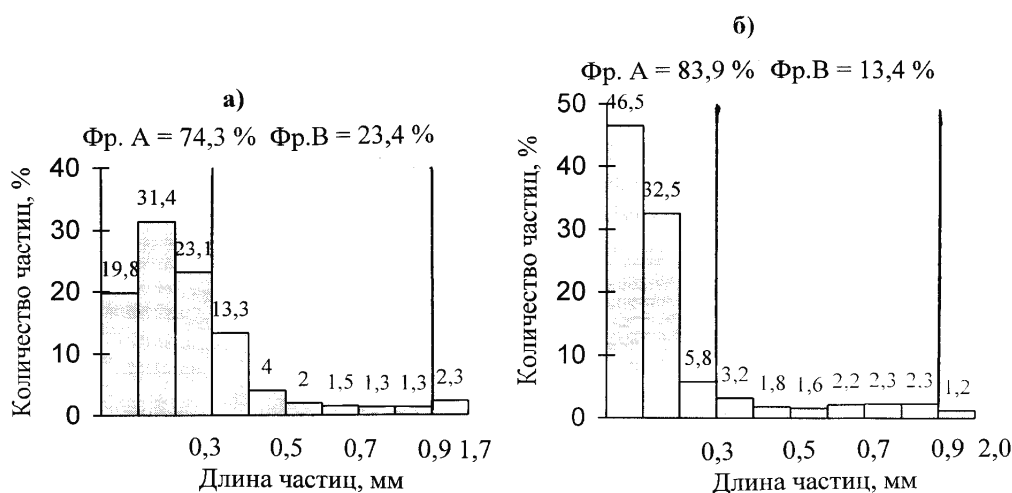


Рис. 1. Распределение волокон по длине порошковой целлюлозы, полученной из хлопковой (а) и древесной (б) целлюлозы

В результате разрыва гликозидных связей снижается степень полимеризации (СП) и, следовательно, изменяются все связанные с нею свойства целлюлозы.

Для структуры целлюлозного волокна характерно наличие, с одной стороны, упорядоченных кристаллических областей, где проявляется очень сильное межмолекулярное взаимодействие гидроксильных групп целлюлозных молекул, и, с другой стороны, неупорядоченных (аморфных) областей, где межмолекулярное взаимодействие ослаблено или в отдельных областях даже отсутствует. Свободные гидроксильные группы в целлюлозе сильно полярны и весьма химически активны. Все это неизбежно приводит к тому, что самые различные химические и физические воздействия на целлюлозное волокно вызывают изменение его физической структуры, меняют соотношение кристаллических и неупорядоченных областей, усиливают или ослабляют межмолекулярное взаимодействие в системе [7].

При гетерогенном процессе скорость гидролиза целлюлозы не постоянна. Сначала наблюдается быстрая реакция (СП падает быстро), а в дальнейшем гидролиз резко замедляется. Быстрая реакция приводит к достижению так называемой предельной СП [8].

Так, при гидролизе хлопковой целлюлозы соляной кислотой степень полимеризации в начальной стадии гидролиза резко снижается (с 950 до 350 за 15 мин), далее СП изменяется медленнее (с 350 до 247 за 90 мин) и через определенный промежуток времени по достижении предельного значения (225) остается постоянной даже при увеличении времени гидролиза (рис. 2, кривая 1). Аналогичным образом изменяется степень полимеризации в ходе гидролиза древесной вискозной целлюлозы (рис. 2, кривая 2).

Исходная степень полимеризации вискозной целлюлозы ниже, чем у хлопковой, но значения предельной степени полимеризации порошковой целлюлозы, полученной из древесной вискозной и хлопковой целлюлозы гидролизом соляной кислоты, имеют близкие значения.

Процесс гидролитической деструкции целлюлозы и его связь со структурой целлюлозы можно характеризовать следующим образом. Первоначально гидролизующему действию подвергаются гликозидные связи участков макромолекул, находящихся в аморфных областях. Связи между звеньями макромолекул, расположенных на поверхности кристаллитов, хотя и доступны действию водных растворов кислот, практически очень устойчивы. На этой стадии происходит быстрая потеря массы, обусловленная отщеплением растворимых олигосахаридов.

После быстрого удаления аморфной фракции гидролизующая среда начинает воздействовать на кристаллические области. На этой стадии процесса гидролиза действию кислоты подвергаются только гликозидные связи, находящиеся на концах кристаллитов. Скорость гидролиза данной стадии процесса резко уменьшается, и скорость потери массы приблизительно в 100 раз меньше, чем на начальной стадии процесса [9].

После достижения предельной СП, т.е. значения СП, которое уже не изменяется при дальнейшем увеличении времени гидролиза, разрыв гликозидных связей макромолекулы целлюлозы проходит уже без заметного снижения СП. Этот факт объясняется, по-видимому, тем, что на этой стадии процесса разрывы гликозидных связей незначительны и проходят на поверхности кристаллических участков макромолекулы целлюлозы.

Выход целлюлозы уменьшается на всем протяжении процесса гидролиза (рис. 2, кривые 3, 4). Значительное снижение выхода наблюдается в начальный период процесса гидролиза, когда идет растворение аморфной части целлюлозы. На следующей стадии происходит дальнейшее снижение выхода, хотя степень полимеризации целлюлозы практически не изменяется. После достижения предельной СП, т.е. когда не происходит изменения значения этого показателя, выход продолжает снижаться, по-видимому, из-за частичного гидролиза самих кристаллитов.

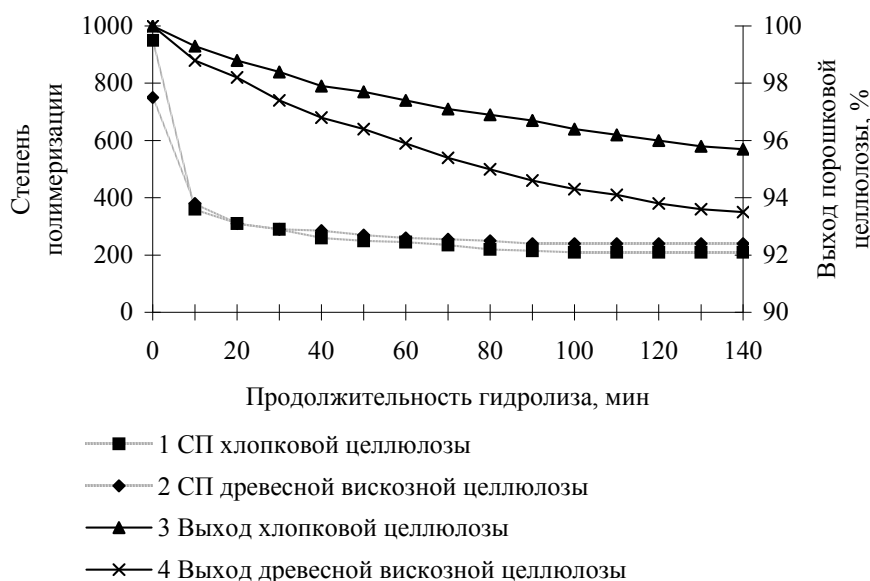


Рис. 2. Динамика изменения степени полимеризации и выхода целлюлозы в процессе гидролиза

В процессе гидролиза снижение выхода вискозной целлюлозы происходит интенсивнее, чем снижение выхода хлопковой целлюлозы. Объясняется это тем, что древесная целлюлоза содержит меньше альфа-целлюлозы, больше аморфной фракции, неустойчивой к действию кислот, и больше окисленных групп, чем хлопковая целлюлоза. Поэтому при растворении аморфной фракции (на первой стадии гидролиза) происходит более быстрая потеря массы. Интенсивное снижение выхода древесной целлюлозы на второй стадии гидролиза связано, возможно, с растворением низкомолекулярных фракций целлюлозы.

В процессе гидролитической деструкции целлюлозы происходит изменение ее субмикроскопической структуры, удельной поверхности и, соответственно, связанных с ними показателей сорбционной способности и водоудержания.

Сорбционные свойства целлюлозы обусловлены как химической природой, так и структурной неоднородностью целлюлозного волокна. Структурная неоднородность препаратов целлюлозы связана с фибриллярным строением и различной укладкой микрофибрилл [7]. Волокна хлопка имеют большую длину, ленточную форму клеток, широкий канал и сравнительно тонкие стенки в отличие от древесной целлюлозы. Фибриллы во

вторичной клеточной стенке хлопковой целлюлозы расположены под углом 45° к оси волокна, причем направление фибрилл в соседних слоях клеточной стенки противоположное. В отличие от хлопковой целлюлозы средний слой вторичной стенки древесной целлюлозы состоит из большого числа концентрических наслоений микрофибрилл, которые располагаются по крутой спирали, под очень небольшим углом к оси волокна [10].

Сорбционную способность целлюлозы определяли по сорбции йода. Определение сорбции йода основано на разной скорости диффузии реагентов на различных участках материала. В наиболее упорядоченные области волокна реагенты вообще не проникают, а доступные для диффузии реагентов элементы структуры целлюлозы являются малоупорядоченными. Более высокая величина сорбционной способности по йоду волокнистой сульфитной вискозной целлюлозы (62,2 мг J_2 / г целлюлозы), чем хлопковой целлюлозы (53,5 мг J_2 / г целлюлозы), доказывает наличие в древесной целлюлозе большего содержания аморфной фракции, доступной для реагентов, по сравнению с хлопковой целлюлозой. Характер изменения сорбционной способности по йоду в процессе гидролиза вискозной и хлопковой целлюлозы одинаковый (рис. 3, кривые 1, 2), но абсолютные значения этого показателя на

всем протяжении гидролиза как для волокнистой целлюлозы, так и для получаемого из нее порошка, несколько выше для древесной вискозной целлюлозы, чем для хлопковой.

В начальный период процесса гидролиза одновременно с резким снижением СП наблюдается значительное повышение сорбционной способности целлюлозы. Очевидно, такой скачок связан с тем, что в начальный период гидролитической деструкции начинает переходить в раствор аморфная часть целлюлозы, одновременно увеличиваются объем пор, вследствие растворения аморфной части, и доступная поверхность для йода. Сорбция йода в этот момент происходит главным образом аморфной частью целлюлозы. По мере увеличения степени гидролиза, т.е. с понижением СП, происходит более полное растворение аморфной фракции, в результате уменьшается объем субмикроскопических капилляров (с 1,71 до 0,44 см³/г), что приводит к снижению возможности для проникновения йода внутрь волокна, сорбционная способность начинает снижаться и после достижения предельной СП практически не изменяется.

В процессе гидролиза по мере разрушения волокнистой структуры и образова-

ния порошка несколько увеличивается водоудерживающая способность целлюлозы. Водоудерживающей способности целлюлозы, очевидно, способствует наличие реакционно-способных гидроксильных групп на поверхности макромолекулы целлюлозы. Эти группы действуют как сорбционные центры, способные удерживать (сорбировать) воду с энергией связи большей, чем у самой воды. Водоудерживающая способность целлюлозы обусловлена не только особенностью ее гидроксильных групп, но и особенностью ее субмикроскопической структуры. Возможно, что в субмикроскопических капиллярах, пронизывающих целлюлозную систему, некоторое количество воды удерживается механически капиллярной системой. В процессе гидролиза по мере растворения аморфной части целлюлозы и увеличения степени кристалличности изменяется субмикроскопическая структура целлюлозы – уменьшается объем субмикроскопических капилляров благодаря уменьшению размеров волокон и увеличивается удельная поверхность целлюлозы. По-видимому, незначительное увеличение показателя водоудержания связано с увеличением удельной поверхности порошковой целлюлозы.

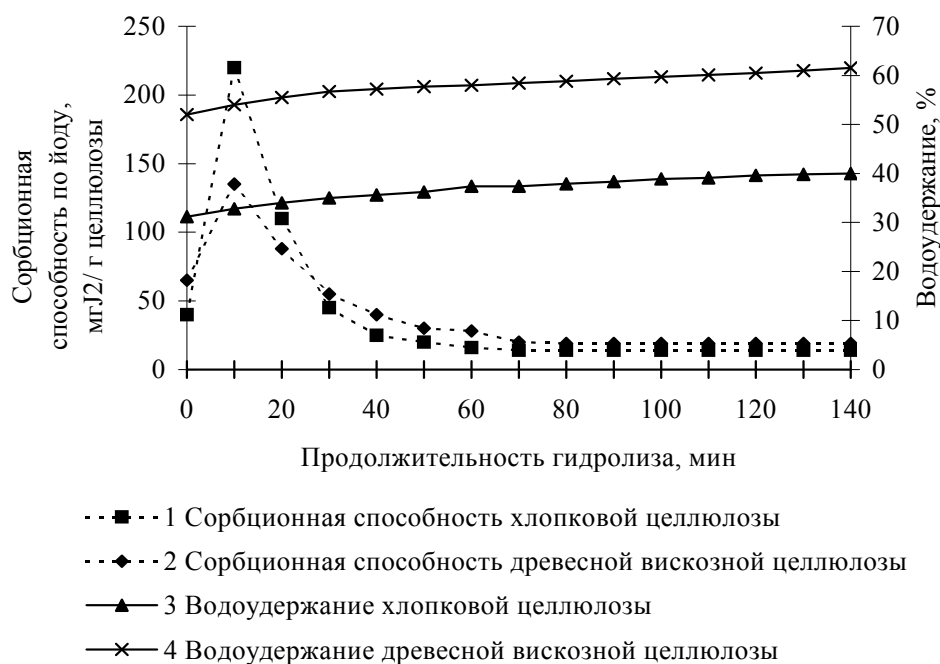


Рис. 3. Динамика изменения сорбционной способности и водоудержания целлюлозы в процессе гидролиза

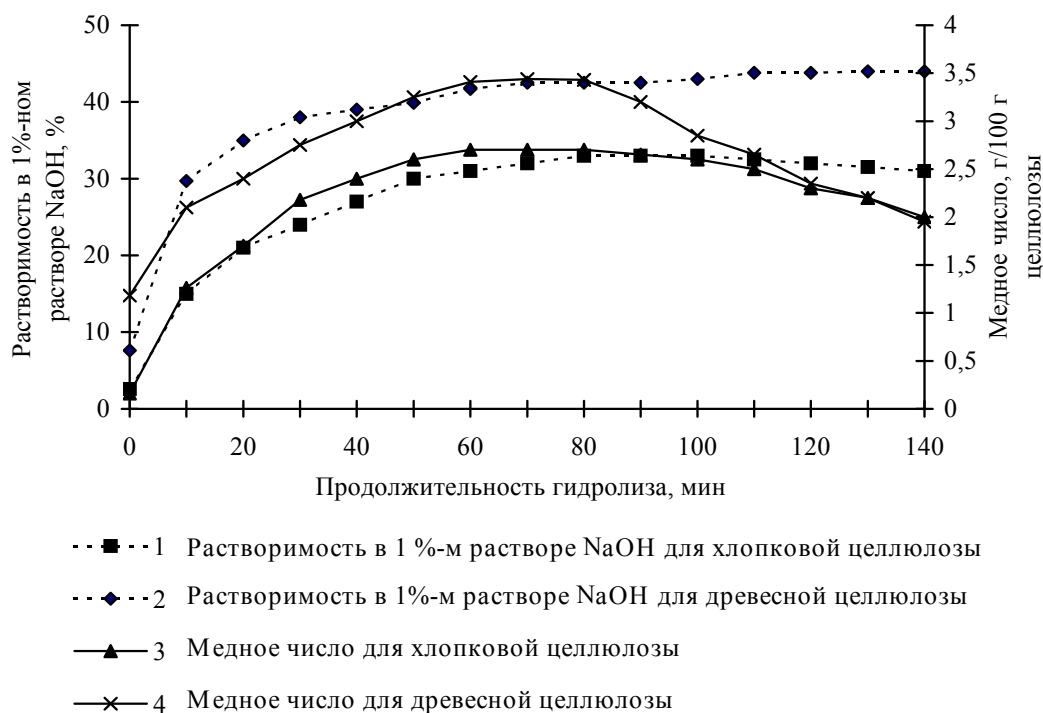


Рис. 4. Динамика изменения растворимости в 1 %-м растворе NaOH и медного числа целлюлозы в процессе гидролиза

Водоудержание хлопковой и сульфитной вискозной целлюлозы несколько увеличивается в процессе гидролиза (рис. 3, кривые 3, 4). Но значения показателя для исходной вискозной целлюлозы и полученной из нее порошковой целлюлозы выше, чем хлопковой.

Более высокие значения сорбционной способности по йоду и водоудержания целлюлозного порошка из вискозной целлюлозы связаны, возможно, с большей дефектностью кристаллитов древесной целлюлозы, что приводит к деструкции не только в доступных областях, но и на поверхности самих кристаллитов, в результате чего увеличивается доступная поверхность целлюлозного порошка [11].

Следствием гидролитической деструкции целлюлозы является повышение растворимости целлюлозы в 1 %-м растворе NaOH в процессе гидролиза (рис. 4, кривые 1, 2). По мере снижения СП, т.е. с увеличением доли низкомолекулярных фракций, растворимость целлюлозы увеличивается, но при достижении предельной СП, когда распад целлюлозных волокон на фрагменты практически прекращается, показатель этот

остается постоянным. При гидролизе сульфитной вискозной целлюлозы образуется больше продуктов, содержащих низкомолекулярные фракции (рис.1). Следовательно, на протяжении всего гидролиза и значения растворимости в 1 %-м растворе NaOH для древесной целлюлозы выше, чем для хлопковой.

Процесс кислотной деструкции целлюлозы, т.е. разрушение макромолекулы, приводит к изменению свойств, характеризующих степень окислительной и гидролитической деструкции целлюлозы: медного числа, по которому можно судить приближенно о массовой доле альдегидных групп; массовой доли в целлюлозе карбонильных и карбоксильных групп.

В процессе гидролиза в период растворения аморфной части макромолекулы целлюлозы происходит увеличение значения медного числа целлюлозы, что связано с тем, что при гидролитическом расщеплении целлюлозы в месте разрыва 1–4-β- гликозидной связи у первого углеродного атома глюкопиранозного звена макромолекулы целлюлозы возникает восстанавливающая

альдегидная группа (рис. 4, кривые 3, 4). При продолжении гидролиза после достижения предельной СП порошковой целлюлозы значения медного числа несколько снижаются. С достижением предельной СП целлюлозы снижается скорость образования деструктурированных продуктов, и, соответственно, уменьшается медное число целлюлозы.

При гидролизе целлюлозы в начальной стадии процесса одновременно с резким снижением СП происходит увеличение массовой доли карбонильных групп в целлюлозе (рис.5, кривые 1,2), что, вероятно, связано с тем, что в начальный период гидролиза происходит увеличение объема пор, интенсивное проникновение кислоты в целлюлозу и ее гидролитическая деструкция. При гидролизе целлюлозы минеральными кислотами происходит также ее окисление, сопровождающееся окислением вторичных спиртовых групп у второго и третьего атомов углерода с образованием кетонных групп. Также возможно окисление вторичных гидроксильных групп с разрывом пиранозного кольца и образованием двух альдегидных групп. Далее после удаления основного количества аморфной фракции происходит постепенное

снижение массовой доли восстанавливающих групп.

Массовая доля карбоксильных групп в процессе гидролиза хлопковой и древесной вискозной целлюлозы соляной кислотой существенно не изменяется (рис. 5, кривые 3, 4).

Динамика изменения медного числа, массовой доли карбонильных и карбоксильных групп древесной вискозной целлюлозы аналогична динамике изменения этих показателей в процессе гидролиза хлопковой целлюлозы. Но древесная целлюлоза, содержащая больше окисленных групп, более чувствительна к действию различных реагентов, поэтому процессы деструкции и окисления в ходе гидролиза вискозной целлюлозы протекают в большей степени, т.е. больше образуется продуктов, содержащих окисленные группы. Медное число в результате гидролиза вискозной целлюлозы до предельной СП достигает 3,42 г/100 г целлюлозы, массовая доля карбонильных и карбоксильных групп соответственно – 0,41 % и 0,48 %. Для хлопковой целлюлозы, гидролизованной в соляной кислоте при оптимальных условиях, эти показатели значительно ниже (соответственно – 2,58 г/100 г целлюлозы, 0,26 % и 0,24 %).

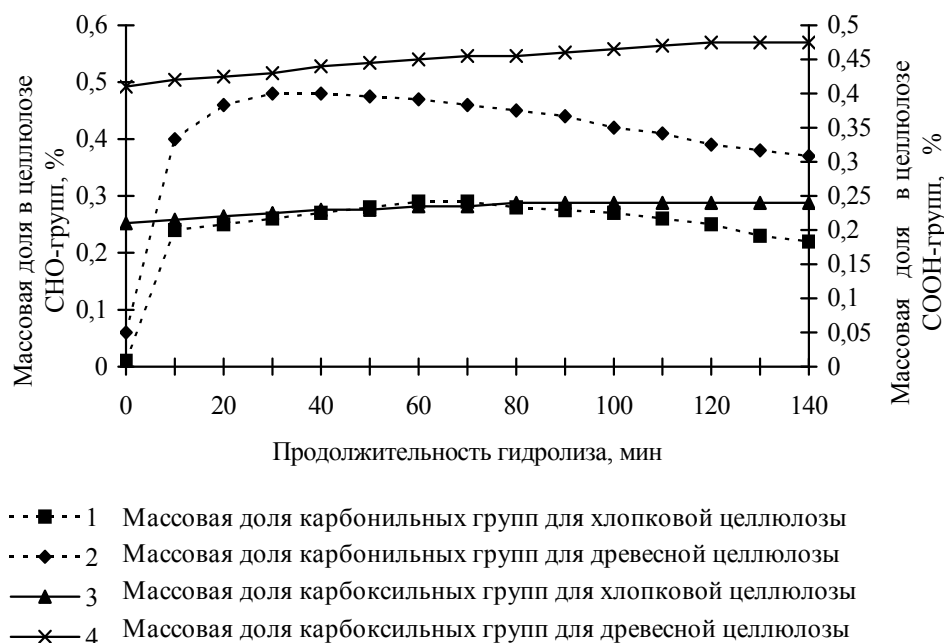


Рис. 5. Динамика изменения карбонильных и карбоксильных групп целлюлозы в процессе гидролиза

С увеличением степени гидролиза, т.е. с понижением СП, по мере разрушения волокнистой структуры и образования целлюлозного порошка, увеличивается насыпная плотность целлюлозы. Насыпная плотность целлюлозного порошка, полученного из вискозной целлюлозы, ниже, чем из хлопковой. По-видимому, этот показатель в большей степени зависит от анизотрии частиц (отношения длины частиц к их ширине): чем больше показатель анизотрии, тем меньше насыпная плотность порошка. Насыпная плотность порошковой целлюлозы, полученной по оптимальным режимам из хлопковой и древесной вискозной целлюлозы, составляет, соответственно, 300 кг/м³ и 220 кг/м³.

Таким образом, изучение изменений в процессе гидролиза основных физико-химических свойств хлопковой и древесной целлюлозы с использованием в качестве деструктирующего агента соляной кислоты показало, что динамика изменения физико-химических свойств целлюлозы в процессе гидролиза имеет близкий характер независимо от вида сырья. Однако абсолютные величины показателей физико-химических свойств порошковой целлюлозы находятся в непосредственной зависимости от исходного волокнистого сырья.

Процессы гидролитической деструкции и сопровождающей ее окислительной деструкции древесной целлюлозы происходят интенсивнее, чем при гидролизе хлопковой целлюлозы. Этому способствуют особенности морфологической структуры, химического состава, а также большая степень окисления древесной целлюлозы по сравнению с хлопковой. В результате порошковая целлюлоза, полученная из древесной целлюлозы, в отличие от порошковой целлюлозы, полученной из хлопкового сырья, характеризуется более высокими абсолютными величинами сорбционной способности, водоудержания, а также показателями, характеризующими степень гидролитической и окислительной деструкции, и

меньшим значением выхода целлюлозного порошка при близких значениях предельной степени полимеризации.

Список литературы

1. Петропавловский Г.А., Котельникова Н.Е., Погодина Т.Е. Свойства целлюлозы с деструктурированной формой волокон (порошкообразной целлюлозы) // Химия древесины. – 1983. – № 6. – С. 78.
2. Целлюлоза в форме порошка. Получение. Свойства. Применение. (Аннотированный указатель литературы 1951–1984 гг.) / Сост. Р.И. Сарыбаева, Т.В. Василькова и др. – Фрунзе: Илим, 1986. – С. 6.
3. Сарыбаева Р.И., Султанкулова А.С., Василькова Т.В. и др. Отходы производства перевязочных материалов – сырье для получения порошкообразной целлюлозы // Химико-фармацевтический журнал. – 1988. – № 8. – С. 106–109.
4. Хакимова Ф.Х., Носкова О.А. Изменение физико-химических свойств и длины целлюлозных волокон в процессе гидролитической деструкции // Лесной вестник. – М.: МГУЛ, 2002. – № 2. – С. 180–185.
5. Забелин Л.В., Закощиков А.П., Постников В.К. Хлопковая целлюлоза: Учебн. пособие. – М.: ЦНИИНТИ. – 1976. – 279 с.
6. Холькин Ю.И. Технология гидролизных производств: Учебн. для вузов. – М.: Лесн.пром-сть, 1989. – 496 с.
7. Никитин Н.И. Химия древесины и целлюлозы. – М.; Л., 1962. – 711 с.
8. Никитин В.М., Оболенская А.В., Щеголев В.П. Химия древесины и целлюлозы. – М.: Лесн.пром-сть, 1978. – 368 с.
9. Целлюлоза и ее производные. Т. 2 / Под ред. М. Байкля и Л. Сегала. Пер. с англ. – М.: Мир, 1974. – С. 304–317.
10. Иванов С.Н. Технология бумаги. – М.: Лесная пром-сть, 1970. – 696 с.
11. Строение и реакционная способность целлюлозы, ее производных и их моделей в реакции гидролиза / Ответ.ред. В.А. Афанасьев. – Фрунзе: Илим. – 1990. – 187 с.
12. Роговин З.А. Химия целлюлозы. – М.: Химия, 1972. – С. 158–176.
13. Steege H.-H., Philipp B. Herstellung, Charakterisierung und Anwendung mikrokristalliner Cellulose // Zellstoff und Papier. – 1974. – Bd. 23. – № 3, S. 68–74.
14. Dautzenberg H., Philipp D., Schaper A., Ivessalo – Pfaffli M. – S. Morphologischen Untersuchungen Cellulosepulver. – Faserforschung und Textiltechnik, 1977, Vol. 28, № 6. – S. 277–288.

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ОТБОР ВЫПУСКНИКОВ ВУЗА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

О.М. ПОЛЕЩУК, *проф. каф. высшей математики МГУЛа, канд. физ.-мат. наук*

Одной из важнейших задач профессионального отбора является задача выявления кандидатов, которые по уровню подготовки в рамках учебных дисциплин, а также по уровню развития личностных качеств и познавательных психических процессов смогут в установленные сроки освоить конкретную специальность и в дальнейшем эффективно выполнять свои профессиональные обязанности.

Существенные результаты в решении проблемы профессионального отбора абитуриентов и их рационального распределения по специализациям достигнуты в Академии Спецсвязи России Гусевым В.В. и Петровым В.А. [1]. Можно сказать, что до появления их работ попытки моделирования процессов обучения и отбора кандидатов носили либо чисто теоретический характер, либо решались отдельные вопросы этой проблемы.

Комплексный анализ различных показателей абитуриентов и выпускников (оценок знаний, навыков, умений и оценок психофизических и социально-психологических особенностей) позволил повысить достоверность прогнозов профпригодности выпускников к дальнейшей деятельности по предназначению и поставить новые задачи, требующие своего решения.

Одними из основных поставленных задач стали задачи представления нечетких данных процедур оценивания, определения на их основе рейтинговых оценок и ранжирований с учетом нечетких предпочтений, например, типа «довольно важны показатели успеваемости, очень важны интеллектуальные показатели и довольно неважны характерологические показатели».

Будем рассматривать показатели успеваемости, общих интеллектуальных и характерологических особенностей выпускников специальности «N».

Уровень фундаментальной подготовки (ФП) выпускников предлагается определять на основе анализа их успеваемости за весь период обучения в вузе по циклам общенаучных дисциплин. К таким дисциплинам, без ограничения общности, относятся: высшая математика, физика, история Отечества, иностранный язык, психология и педагогика, философия, правоведение, политология. ФП для более детального анализа была разбита на естественнонаучную подготовку (ЕНП), социально-экономическую подготовку (СЭП) и гуманитарную подготовку (ГП). Рассмотрим данные успеваемости выпускников специальности «N» по каждому из циклов ФП.

В соответствии с данными табл. 1–3 в рамках метода, изложенного в [2], построим восемь (по количеству дисциплин) ПОСП с названиями «знания выпускников». Все ПОСП имеют терм-множества «удовлетворительно», «хорошо», «отлично» с функциями принадлежности T -чисел или нормальных треугольных чисел. После этого оценкам выпускников ставятся в соответствие нечеткие числа, соответствующие термам «удовлетворительно», «хорошо», «отлично». Применением метода [3] определяются рейтинговые оценки выпускников в рамках ЕНП, СЭП, ГП и ФП. Весовые коэффициенты всех дисциплин считаются равными. Рассмотрим результаты успеваемости пяти выпускников из табл. 4. Средние показатели успеваемости этих выпускников вычислены с целью сравнения их с рейтинговыми оценками, которые будут получены по методу [3].

Т а б л и ц а 1

Успеваемость выпускников в рамках ЕНП

Дисциплины	Удовлетворительно (%)	Хорошо (%)	Отлично (%)
Высшая математика	38	32	30
Физика	41	37	22

Т а б л и ц а 2

Успеваемость выпускников в рамках СЭП

Дисциплины	Удовлетворительно (%)	Хорошо (%)	Отлично (%)
Политология	43	19	38
Правоведение	31	35	34

Т а б л и ц а 3

Успеваемость выпускников в рамках ГП

Дисциплины	Удовлетворительно (%)	Хорошо (%)	Отлично (%)
Психология и педагогика	11	39	50
Философия	24	42	34
Иностранный язык	33	33	34
История отечества	16	52	32

Т а б л и ц а 4

Успеваемость пяти выпускников в рамках ФП

Дисциплины	1	2	3	4	5
Высшая математика	4	5	3	4	5
Физика	4	4	4	3	5
Политология	4	3	5	5	4
Правоведение	5	4	5	5	4
Психология и педагогика	4	3	4	4	5
Философия	5	4	5	5	4
Иностранный язык	4	3	4	4	5
История отечества	4	4	5	5	5
ЕНП	4	4,5	3,5	3,5	5
СЭП	4,5	3,5	5	5	4
ГП	4,25	3,5	4,5	4,5	4,75
ФП	4,25	3,83	4,33	4,33	4,58

Т а б л и ц а 5

Нормированные рейтинговые оценки пяти выпускников в рамках ЕНП, СЭП, ГП и ФП

Дисциплины	1	2	3	4	5
ЕНП	0,541	0,770	0,288	0,266	1
СЭП	0,768	0,263	1	1	0,507
ГП	0,759	0,425	0,870	0,870	0,917
ФП	0,617	0,379	0,682	0,676	0,812

Представленные в табл. 5 нормированные рейтинговые оценки являются количественными показателями средней степени интенсивности проявления знаний выпускниками в рамках ЕНП, СЭП, ГП и ФП. Из табл. 4 и 5 можно видеть, что результаты, полученные на основе нечетких рейтинговых оценок, значительно расширяют результаты, полученные на основе средних оценок. Например, у выпускников № 3 и № 4 средние оценки в рамках ЕНП одинаковые, но полученные нормированные рейтинговые оценки разные.

Уровень общепрофессиональной подготовки (ОПП) и специальной подготовки (СП) выпускников определяется на основе анализа их успеваемости за весь период обучения в вузе по соответствующим дисциплинам. Для каждой специальности эти дисциплины определяются в соответствии с учебными программами и учебными плана-

ми. Рассмотрим некоторые общепрофессиональные и специальные дисциплины в рамках подготовки по специальности «N»: ТЭСС, ЭПУС, ЛРТУ, топография, ТППС, СККС, БПАК, ОСС и П.

Этот список дисциплин может быть сужен или расширен. Определение списка дисциплин в рамках всех подготовок может осуществляться на основе анализа взаимосвязи отзывов работодателей о непосредственной профессиональной деятельности выпускников и оценок их успеваемости за весь период обучения. Метод изучения отношений между различными показателями на основе структурного анализа системных связей и примеры его использования изложены в работах [4, 5].

Данные успеваемости выпускников специальности «N» в рамках ОПП и СП представлены в табл. 6 и 7.

Т а б л и ц а 6

Успеваемость выпускников в рамках ОПП

Дисциплины	Удовлетворительно (%)	Хорошо (%)	Отлично (%)
ТЭСС	34	31	35
ЭПУС	10	23	67
ЛРТУ	16	45	39
Топография	9	41	50
ТППС	32	36	32

Т а б л и ц а 7

Успеваемость выпускников в рамках СП

Дисциплины	Удовлетворительно (%)	Хорошо (%)	Отлично (%)
СККС	25	32	43
БПАК	21	32	47
ОСС и П	9	56	35

Т а б л и ц а 8

Успеваемость пяти выпускников в рамках ОПП

Дисциплины	1	2	3	4	5
ТЭСС	4	3	5	4	4
ЭПУС	4	4	4	5	5
ЛРТУ	3	5	3	4	4
Топография	4	4	4	4	4
ТППС	5	5	4	5	5
Средняя оценка	4	4,2	4	4,4	4,4

Успеваемость пяти выпускников в рамках СП

Дисциплины	1	2	3	4	5
СККС	4	5	4	5	5
БПАК	3	4	3	4	4
ОСС и П	4	3	4	5	4
Средняя оценка	3.66	4	3.66	4.66	4.33

Таблица 10

Нормированные рейтинговые оценки пяти выпускников в рамках ОПП

Рейтинговые оценки	1	2	3	4	5
	0,425	0,542	0,422	0,649	0,649

Таблица 11

Нормированные рейтинговые оценки пяти выпускников в рамках СП

Рейтинговые оценки	1	2	3	4	5
	0,299	0,439	0,299	0,810	0,601

Таблица 12

Нормированные рейтинговые оценки общей подготовки выпускников на основе успеваемости

Рейтинговые оценки	1	2	3	4	5
	0,497	0,441	0,527	0,694	0,722
Нечеткие рейтинговые оценки	0,426	0,487	0,519	0,674	0,709
	0,532	0,568	0,686	0,747	0,839
	0,113	0,109	0,106	0,088	0,132
	0,097	0,058	0,113	0,128	0,145

Рассмотрим данные успеваемости по ОПП и СП пяти выпускников, данные которых по ФП приведены в табл. 8, 9.

Применяя метод [3], определим нормированные рейтинговые оценки выпускников в рамках ОПП и СП. Весовые коэффициенты всех дисциплин считаются равными. Полученные данные занесены в табл. 10 и 11.

Считая весовые коэффициенты всех рассмотренных предметов равными, определим нечеткие рейтинговые оценки и нормированные рейтинговые оценки пяти выпускников в рамках общей подготовки. Параметры нечетких рейтинговых оценок занесены в табл. 12 в виде столбцов.

Оценка общих интеллектуальных способностей выпускников проводилась с помощью оригинального теста экспресс-диагностики интеллектуального развития,

разработанного в НИИ профессионального отбора. Данный тест относится к категории тестов общих умственных способностей. В нем тестируемому предлагается серия заданий, подобранных таким образом, чтобы была обеспечена адекватная оценка важнейших интеллектуальных функций. Тест интеллектуального развития дает возможность определения степени развития таких важнейших компонентов интеллекта, как логичность мышления, точность восприятия, скорость мыслительных процессов, пространственное воображение, грамотность. Оценивание всех компонентов проводилось в рамках вербально-числовой шкалы: «низкая» – 2 балла, «средняя» – 3 балла, «высокая» – 4 балла, «очень высокая» – 5 баллов. В табл. 13 приведены результаты тестирования выпускников.

Т а б л и ц а 13

Результаты тестирования выпускников

Компоненты	«Низкая» (%)	«Средняя» (%)	«Высокая» (%)	«Очень высокая» (%)
Логичность мышления	20	21	37	22
Точность восприятия	2	4	42	52
Скорость мыслительных процессов	12	8	45	35
Пространственное воображение	42	30	15	13
Грамотность	18	15	43	24

Т а б л и ц а 14

Оценки компонент общего интеллектуального развития пяти выпускников

Компоненты	1	2	3	4	5
Логичность мышления	3	3	3	3	4
Точность восприятия	4	4	5	4	5
Скорость мыслительных процессов	2	3	2	3	3
Пространственное воображение	3	3	2	4	3
Грамотность	4	3	4	5	5
Средние оценки	3,2	3,2	3,2	3,8	4

Т а б л и ц а 15

Нормированные рейтинговые оценки общих интеллектуальных способностей пяти выпускников

Рейтинговые оценки	1	2	3	4	5
	0,343	0,290	0,367	0,517	0,648
Нечеткие рейтинговые оценки	0,312	0,271	0,341	0,498	0,613
	0,376	0,342	0,396	0,539	0,698
	0,114	0,094	0,029	0,126	0,115
	0,204	0,126	0,095	0,103	0,118

Рассмотрим результаты тестирования пяти выпускников, данные успеваемости которых приведены выше (табл. 13).

Определим нечеткие рейтинговые и нормированные рейтинговые оценки выпускников в рамках общих интеллектуальных способностей. Весовые коэффициенты компонентов считаются равными. Итоговые результаты занесены в табл. 15. Параметры нечетких рейтинговых оценок занесены в виде столбцов.

Кроме этого, кураторы групп проводили экспертное оценивание характерологических особенностей (уровня развития личностных качеств) выпускников. Они оценивали выпускников по следующим качествам:

общественная активность, дисциплинированность и исполнительность, трудолюбие, выдержанность и самообладание, организаторские способности, авторитет в группе, целеустремленность. Оценивание проводилось в рамках вербально-числовой шкалы: «низкая» – 2 балла, «средняя» – 3 балла, «высокая» – 4 балла, «очень высокая» – 5 баллов. В табл. 16 приведены данные, полученные в результате оценивания кураторами групп характерологических особенностей выпускников, а в табл. 17 приведены оценки характерологических особенностей пяти выпускников, данные успеваемости которых приведены выше.

Т а б л и ц а 1 6

Результаты оценивания кураторами характерологических особенностей выпускников

Характерологические особенности	«Низкая» (%)	«Средняя» (%)	«Высокая» (%)	«Очень высокая» (%)
Общественная активность	14	66	16	4
Дисциплинированность, исполнительность	6	16	36	42
Трудолюбие	18	30	30	22
Выдержанность, самообладание	16	44	22	18
Организаторские способности	46	28	18	8
Авторитет в группе	14	38	42	6
Целеустремленность	24	42	20	14

Т а б л и ц а 1 7

Оценки характерологических особенностей пяти выпускников

Качества	1	2	3	4	5
Общественная активность	4	4	3	3	4
Дисциплинированность, исполнительность	4	5	4	5	5
Трудолюбие	3	2	3	4	4
Выдержанность, самообладание	4	3	5	5	2
Организаторские способности	2	2	3	5	4
Авторитет в группе	4	3	4	3	3
Целеустремленность	4	4	4	5	5
Средние оценки	3,57	3,27	3,71	4	3,85

Т а б л и ц а 1 8

Нечеткие рейтинговые оценки и нормированные рейтинговые оценки характерологических особенностей пяти выпускников

Рейтинговые оценки	1	2	3	4	5
	0,585	0,484	0,610	0,754	0,657
Нечеткие рейтинговые оценки	0,574	0,468	0,602	0,732	0,635
	0,598	0,488	0,625	0,768	0,687
	0,104	0,112	0,109	0,096	0,116
	0,136	0,142	0,134	0,094	0,211

Т а б л и ц а 1 9

Характеристики степени доминирования выпускников по нечетким предпочтениям

Выпускники	1	2	3	4
1	0,53	0,61	0,77	0,79
2	0,45	0,76	0,68	0,66
3	0,73	0,85	0,82	0,83
4	0,96	1	1	1
5	1	1	0,98	1

Определим нечеткие рейтинговые оценки и нормированные рейтинговые оценки характерологических особенностей выпускников. Весовые коэффициенты всех компонентов считаются равными. Полученные результаты занесены в табл. 18. Параметры нечетких рейтинговых оценок занесены в виде столбцов.

Отбор будем производить в рамках сформулированных четырех нечетких предпочтений:

X_1 – очень важны показатели успеваемости, очень важны показатели интеллекта и совсем неважны характерологические показатели;

X_2 – не очень важны показатели успеваемости, довольно важны показатели интеллекта и очень важны характерологические показатели;

X_3 – довольно неважны показатели успеваемости, важны показатели интеллекта и довольно неважны характерологические показатели;

X_4 – совсем неважны показатели успеваемости, довольно важны показатели интеллекта и важны характерологические показатели.

Воспользуемся построенными в [6] функциями принадлежности $\mu_l(x), l = \overline{1,6}$ соответственно лингвистических термов «совсем неважный», «довольно неважный», «не очень важный», «довольно важный», «важный», «очень важный» относительных коэффициентов важности критериев:

$$\begin{aligned} \mu_1(x) &\equiv (0, 0, 0.2), \mu_2(x) \equiv (0.2, 0.2, 0.2), \\ \mu_3(x) &\equiv (0.4, 0.2, 0.2), \mu_4(x) \equiv (0.6, 0.2, 0.2), \\ \mu_5(x) &\equiv (0.8, 0.2, 0.2), \mu_6(x) \equiv (1, 0.2, 0). \end{aligned}$$

Обозначим функции принадлежности нечетких рейтинговых оценок успеваемости, интеллектуальных и характерологических особенностей пяти выпускников соответственно через $\eta_j^l(x), \eta_j^2(x), \eta_j^3(x), j = \overline{1,5}$. Используя метод ранжирования [7, 8], определим функции принадлежности $\mu_{R_j^i}(x), j = \overline{1,5}, i = \overline{1,4}$ нечетких оценок пяти выпускников $\tilde{R}_j^i, j = \overline{1,5}, i = \overline{1,4}$ в рамках четырех сформули-

рованных нечетких предпочтений следующим образом:

$$\begin{aligned} \mu_{R_j^1}(x) &= \mu_6(x) \otimes \eta_j^1(x) \oplus \mu_6(x) \otimes \eta_j^2(x) \oplus \mu_1(x) \otimes \eta_j^3(x), \\ \mu_{R_j^2}(x) &= \mu_3(x) \otimes \eta_j^1(x) \oplus \mu_4(x) \otimes \eta_j^2(x) \oplus \mu_6(x) \otimes \eta_j^3(x), \\ \mu_{R_j^3}(x) &= \mu_2(x) \otimes \eta_j^1(x) \oplus \mu_5(x) \otimes \eta_j^2(x) \oplus \mu_2(x) \otimes \eta_j^3(x), \\ \mu_{R_j^4}(x) &= \mu_1(x) \otimes \eta_j^1(x) \oplus \mu_4(x) \otimes \eta_j^2(x) \oplus \mu_5(x) \otimes \eta_j^3(x), j = \overline{1,5}. \end{aligned}$$

Сравним результаты пяти выпускников на основе $\tilde{R}_j^i, j = \overline{1,5}, i = \overline{1,4}$. Определим нечеткие множества $I^i, i = \overline{1,4}$, заданные на множестве индексов $\{1, 2, 3, 4, 5\}$. Значения функций принадлежности $\mu_{I^i}(j)$ этих множеств интерпретируются как характеристики степени доминирования j -го выпускника в рамках нечетких предпочтений $X_i, i = \overline{1,4}, j = \overline{1,5}$ или характеристики степени того, насколько j -ый выпускник считается лучшим в рамках нечетких предпочтений $X_i, i = \overline{1,4}, j = \overline{1,5}$.

k -ый выпускник считается лучшим в рамках нечеткого предпочтения X_i с характеристикой 1, если $\sup x: \mu_{R_j^i}(x) = 1$ принадлежит $\tilde{R}_k^i(x)$. Значения $\mu_{I^i}(j)$ при $j \neq k$ вычисляются следующим образом:

$$\mu_{I^i}(j) = \max_x \min(\mu_{R_j^i}(x), \mu_{R_k^i}(x)).$$

Вычислим характеристики $\mu_{I^i}(j), j = \overline{1,5}, i = \overline{1,4}$ и занесем их в таблицу 19.

На основании проведенного анализа выпускнику № 1 может быть рекомендовано распределение X_4 , выпускнику № 2 – распределение X_2 , выпускнику № 3 – распределение X_2 , а выпускникам № 4 и № 5 могут быть рекомендованы все распределения.

Таким образом, в работе показано решение задачи профессионального отбора выпускников вуза на основе различных показателей с учетом нечетких предпочтений.

Список литературы

1. Гусев В.В., Петров В.А. Математическое моделирование профессионального отбора и рационального распределения абитуриентов по специальностям. – Орел.: ВИПС, 1996. – 23 с.

2. Полещук О.М. Методы представления экспертной информации в виде совокупности термножеств полных ортогональных семантических пространств // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2002. – № 5 (25). – С. 198–216.
3. Полещук О.М. Некоторые подходы к моделированию системы управления образовательным процессом // Телекоммуникации и информатизация образования. – 2002. – № 3 (10). – С. 54–72.
4. Полещук О.М., Северов М.В. О применении структурного анализа системных связей к изучению междисциплинарных отношений // Лесной вестник. – М.: МГУЛ, 2001. – № 5 (20). – С. 197–202.
5. Полещук О.М. Выявление существенных признаков при работе с нечеткой информацией // Современные проблемы науки и образования: Материалы III Междунар. междисциплинарной науч.-практ. конф. – Харьков, 2002. – С. 121–122.
6. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования. – Рига: Зинатне, 1990. – 184 с.
7. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: Монография. – Тюмень: Изд-во Тюменского гос. ун-та, 2002. – 268 с.
8. Baas S.M., Kwakernaak H. Rating and ranking of multiple-aspect alternative using fuzzy sets // Automatica. – 1977. – V. 3. – № 1. – P. 47–58.

МОДЕЛЬ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ЭКСПЕРТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФИНАНСОВО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ

В.Г. ДОМРАЧЕВ, *проф. каф. электроники и микропроцессорной техники МГУЛа*,
 О.М. ПОЛЕЩУК, *проф. каф. высшей математики МГУЛа, канд. физ.-мат. наук*,
 И.А. ПОПОВА, *вед. программист ЦНИТ Петрозаводского государственного университета*

Система, автоматизирующая сбор, подготовку и обработку информации, является одной из необходимых составных частей, определяющих конечный успех организации. Однако уже сегодня очевидно, что самыми преуспевающими в деловом мире являются фирмы и корпорации, использующие современные информационные технологии, то есть те, которые в состоянии быстрее всех собрать информацию, обработать, проанализировать ее и на основе этого принять решение. Все большее число руководителей понимает, что максимально эффективной автоматизированной системой является та, которая охватывает все взаимосвязанные многогранные бизнес-процессы, все аспекты внутри- и внешнехозяйственной деятельности, то есть комплексные автоматизированные системы.

Необходимо заметить, что задачи комплексной автоматизации крупных, да и большинства средних предприятий, как правило, не могут быть решены с помощью широко тиражируемых и относительно несложных локальных программ и продуктов, а требуют создания и использования боль-

ших сетевых программно-технических комплексов, их поэтапного внедрения при участии и дальнейшей поддержке квалифицированными специалистами.

Особо следует отметить специфику высших учебных заведений, являющихся бюджетными учреждениями. Эта специфика проявляется в плане счетов, отличных от планов счетов хозрасчетных предприятий, в характере обработки бухгалтерской информации, в специфических видах отчетных документов, в консолидированном учете вертикально-подотчетных и территориально распределенных структур.

Исходя из этого для эффективной работы высшего учебного заведения, имеющего большие объемы хозяйственной деятельности и сложную организационную структуру, необходим финансовый комплекс в рамках интегрированной информационно-аналитической системы (ИАИС).

Такой комплекс разработан в Петрозаводском государственном университете и назван ИАИС ПетрГУ. Но для более глубоких выводов необходима комплексная, всеобъемлющая классификация, отвечающая

требованиям системного анализа и помогающая не только правильно ориентироваться в выборе того или иного пакета, но и в его разработке, внедрении и эксплуатации.

Построим модель многокритериального выбора программных средств обеспечения финансово-хозяйственной деятельности организации с учетом нечетких предпочтений пользователя [1].

Принимая во внимание характеристики объекта автоматизации – образовательное учреждение – в качестве вариантов программных средств, будем рассматривать лишь те системы, которые масштабируются в зависимости от количества пользователей, одновременно работающих с системой, от нескольких десятков до нескольких сотен:

- «Университет» на базе технологической платформы SAP R/3 («REDLAB»),
- «Галактика» (Корпорация «Галактика»),
- 1С Предприятие,
- «БОСС-Корпорация» (Компания АйТи)),
- ИАИС ПетрГУ.

Рассмотрим приоритетную, с точки зрения пользователей, для систем автоматизации финансово-экономической деятельности организации группу характеристик [2], отражающих функциональную пригодность: функциональную адекватность (соответствие требованиям бухгалтерского учета, соответствие отраслевой специфике, соответствие требованиям управленческого учета), функциональную полноту (компонентная полнота, комплексность), а так же практичность.

Для оценивания характеристик использовались шкалы:

- соответствие требованиям бухгалтерского учета – «низкое», «среднее», «высокое»;
- соответствие отраслевой специфике – «низкое», «среднее», «высокое»;
- соответствие требованиям управленческого учета – «низкое», «среднее», «высокое»;
- компонентная полнота – «низкая», «средняя», «высокая»;

– комплексность – «низкая», «средняя», «высокая»;

– практичность – «низкая», «средняя», «высокая».

Число термов для каждой из лингвистических шкал определялось в соответствии с критериями, изложенными в [3].

Формализация экспертных высказываний осуществлялась на базе полных ортогональных семантических пространств [4].

Обозначим функции принадлежности термов полного ортогонального семантического пространства с названием «соответствие требованиям бухгалтерского учета» через $\mu_1^1(x), \mu_2^1(x), \mu_3^1(x)$, термов «соответствие отраслевой специфике» через $\mu_1^2(x), \mu_2^2(x), \mu_3^2(x)$, термов «соответствие требованиям управленческого учета» через $\mu_1^3(x), \mu_2^3(x), \mu_3^3(x)$, термов «компонентная полнота» через $\mu_1^4(x), \mu_2^4(x), \mu_3^4(x)$, термов «комплексность» через $\mu_1^5(x), \mu_2^5(x), \mu_3^5(x)$, термов «практичность» через $\mu_1^8(x), \mu_2^8(x), \mu_3^8(x)$.

Обсуждение с пользователями дало определенные результаты: программное средство считается подходящим для приобретения в случае, если выполняются следующие правила:

– «соответствие требованиям бухгалтерского учета» высокое, «соответствие отраслевой специфике» высокое, «соответствие требованиям управленческого учета» высокое, «полнота функциональных компонентов» высокая, «комплексность» высокая, «практичность» высокая;

– «соответствие требованиям бухгалтерского учета» высокое, «соответствие отраслевой специфике» высокое, «соответствие требованиям управленческого учета» высокое, «полнота функциональных компонентов» высокая, «комплексность» высокая, «практичность» средняя;

– соответствие требованиям бухгалтерского учета» высокое, «соответствие отраслевой специфике» среднее, «соответствие требованиям управленческого учета» высокое, «полнота функциональных компонентов» высокая, «комплексность» высокая, «практичность» высокая;

лежности рассматриваемых программных средств к нечеткому множеству «программное средство считается подходящим для приобретения». Союзы «и» и «или» при оперировании с функциями принадлежности термов ПОСП трактуются соответственно

операциями «min» и «max». Эксперты оценили «Университет», «Галактика», «БОСС-Корпорация», 1С Предприятие, ИАИС ПетрГУ и получили результаты, обозначив данные программные средства соответственно через «А», «В», «С», «D», «Е» (1).

$$\begin{aligned}
 &\mu_2^1(A)=0.4, \mu_3^1(A)=0.6, \mu_2^1(B)=0.2, \mu_3^1(B)=0.8, \mu_2^1(C)=0.3, \mu_3^1(C)=0.7, \\
 &\mu_2^1(D)=0.2, \mu_3^1(D)=0.8, \mu_2^1(E)=0.2, \mu_3^1(E)=0.8, \\
 &\mu_2^2(A)=0.1, \mu_3^2(A)=0.9, \mu_2^2(B)=0.6, \mu_3^2(B)=0.4, \mu_2^2(C)=0.7, \mu_3^2(C)=0.3, \\
 &\mu_2^2(D)=0.4, \mu_3^2(D)=0.6, \mu_2^2(E)=0.1, \mu_3^2(E)=0.9, \\
 &\mu_2^3(A)=0.1, \mu_3^3(A)=0.9, \mu_2^3(B)=0.3, \mu_3^3(B)=0.7, \mu_2^3(C)=0.4, \mu_3^3(C)=0.6, \\
 &\mu_2^3(D)=0.3, \mu_3^3(D)=0.7, \mu_2^3(E)=0.2, \mu_3^3(E)=0.8, \\
 &\mu_2^4(A)=0.4, \mu_3^4(A)=0.6, \mu_2^4(B)=0.3, \mu_3^4(B)=0.7, \mu_2^4(C)=0.5, \mu_3^4(C)=0.5, \\
 &\mu_2^4(D)=0.8, \mu_3^4(D)=0.2, \mu_2^4(E)=0.3, \mu_3^4(E)=0.7, \\
 &\mu_2^5(A)=0.3, \mu_3^5(A)=0.7, \mu_2^5(B)=0.3, \mu_3^5(B)=0.7, \mu_2^5(C)=0.3, \mu_3^5(C)=0.7, \\
 &\mu_2^5(D)=0.7, \mu_3^5(D)=0.3, \mu_2^5(E)=0.3, \mu_3^5(E)=0.7, \\
 &\mu_2^6(A)=0.7, \mu_3^6(A)=0.3, \mu_2^6(B)=0.2, \mu_3^6(B)=0.8, \mu_2^6(C)=0.3, \mu_3^6(C)=0.7, \\
 &\mu_2^6(D)=0.4, \mu_3^6(D)=0.6, \mu_2^6(E)=0.2, \mu_3^6(E)=0.8.
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\mu(x) = \max \left[\begin{array}{l}
 \left(\min (\mu_3^1(x), \mu_3^2(x), \mu_3^3(x), \mu_3^4(x), \mu_3^5(x), \mu_3^6(x)), \right. \\
 \min (\mu_3^1(x), \mu_3^2(x), \mu_3^3(x), \mu_3^4(x), \mu_3^5(x), \mu_2^6(x)), \\
 \min (\mu_3^1(x), \mu_2^2(x), \mu_3^3(x), \mu_3^4(x), \mu_3^5(x), \mu_3^6(x)), \\
 \min (\mu_3^1(x), \mu_2^2(x), \mu_3^3(x), \mu_3^4(x), \mu_3^5(x), \mu_2^6(x)), \\
 \min (\mu_3^1(x), \mu_3^2(x), \mu_2^3(x), \mu_3^4(x), \mu_3^5(x), \mu_3^6(x)), \\
 \min (\mu_3^1(x), \mu_3^2(x), \mu_2^3(x), \mu_3^4(x), \mu_3^5(x), \mu_2^6(x)), \\
 \min (\mu_3^1(x), \mu_2^2(x), \mu_2^3(x), \mu_3^4(x), \mu_3^5(x), \mu_3^6(x)), \\
 \min (\mu_3^1(x), \mu_2^2(x), \mu_2^3(x), \mu_3^4(x), \mu_3^5(x), \mu_2^6(x)), \\
 \min (\mu_3^1(x), \mu_2^2(x), \mu_2^3(x), \mu_3^4(x), \mu_3^5(x), \mu_3^6(x)), \\
 \min (\mu_3^1(x), \mu_2^2(x), \mu_2^3(x), \mu_3^4(x), \mu_3^5(x), \mu_2^6(x)), \\
 \min (\mu_3^1(x), \mu_2^2(x), \mu_2^3(x), \mu_3^4(x), \mu_3^5(x), \mu_3^6(x)), \\
 \min (\mu_3^1(x), \mu_2^2(x), \mu_2^3(x), \mu_3^4(x), \mu_3^5(x), \mu_2^6(x)), \\
 \min (\mu_3^1(x), \mu_2^2(x), \mu_2^3(x), \mu_3^4(x), \mu_3^5(x), \mu_3^6(x)), \\
 \left. \min (\mu_3^1(x), \mu_2^2(x), \mu_2^3(x), \mu_3^4(x), \mu_3^5(x), \mu_2^6(x)). \right)
 \end{array} \right] \tag{2}$$

Для определения значений принадлежности «А», «В», «С», «D», «Е» к нечеткому множеству «подходящее для приобретения программное средство» с функцией принадлежности $\mu(x)$ применимо правило (2) [5].

Вычисления дают следующие результаты:

$$\mu(A) = 0.6, \mu(B) = 0.4, \mu(C) = 0.3, \mu(D) = 0.2, \mu(E) = 0.7.$$

На основе полученных результатов принимается решение о предпочтительности выбора для автоматизации финансово-хозяйственной деятельности образовательного учреждения программных средств «Университет» и ИАИС ПетрГУ.

Для сравнения качества программных средств при одинаковом или подобном содержании функциональной пригодности можно использовать интегральную характеристику качество/затраты. При выборе программного средства пользователь стремится максимизировать это отношение как за счет поиска программных средств с наилучшими функциями, эффективностью и высокими характеристиками качества, так и за счет минимальной или рациональной стоимости покупаемого продукта.

Так как оценка качества финансового комплекса информационной системы «Университет» на базе технологической плат-

формы SAP R/3, полученная в результате исследований, ниже оценки качества ИАИС ПетрГУ и его стоимость значительно выше, можно сделать вывод о том, что ИАИС ПетрГУ наиболее отвечает требованиям ведения финансово-хозяйственной деятельности в образовательной сфере.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 04-07-90131.

Список литературы

1. Полешук О.М. Применение семантических пространств для экспертного оценивания характеристик качества программных средств и нечеткого многокритериального выбора // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2004. – № 1 (32). – С. 120 – 125.
2. Липаев В.В. Методы обеспечения качества крупномасштабных программных средств. – М.: СИНТЕГ, 2003.
3. Полешук О.М. Построение интегральных моделей в рамках нечеткой экспертной информации // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2003. – № 5 (30). – С. 155 – 159.
4. Полешук О.М. Методы предварительной обработки нечеткой экспертной информации на этапе ее формализации // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2003. – № 5 (30). – С. 160 – 167.
5. Аверкин А.Н. и др. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / И.З. Батыршин, А.Ф. Блишун, В.Б. Силов, В.Б. Тарасов. – М.: Наука., 1986. – 312 с.

ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ФИНАНСОВО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧРЕЖДЕНИЙ СФЕРЫ ОБРАЗОВАНИЯ

И.А. ПОПОВА, ведущий программист ЦНИТ Петрозаводского государственного университета

В настоящее время на рынке программных продуктов предлагается большое число программных средств, предназначенных для автоматизации финансово-хозяйственной деятельности организации. Но процесс автоматизации финансово-бухгалтерской системы учреждений сферы образования имеет существенное отличие от аналогичных разработок в других сферах

деятельности. На него накладывает отпечаток специфические особенности предметной области и специфика ведения бухгалтерского учета в бюджетных учебных организациях. Игнорирование этих особенностей зачастую приводит к провалам или малой эффективности проектов в области автоматизации финансово-хозяйственной деятельности учреждений сферы образования.

Данные соображения и, кроме того, возрастание сложности и ответственности современных задач управления финансовыми потоками образовательного учреждения, интенсификация бухгалтерского учета значительно повысили актуальность разработки характеристик системы качества программных средств обеспечения финансово-хозяйственной деятельности образовательных учреждений.

Очевидно, что оценка качества информационной системы – процесс неоднозначный и многокритериальный. Качественность информационной системы предполагает, что она будет обладать рядом свойств.

Используя методику составления системы характеристик качества для программных средств, построим систему характеристик качества данного класса программных средств. Определим правила составления данной системы.

В существующих на сегодняшний день работах [1-7] предлагаемые правила составления характеристик качества ПС, имея отличия, сходятся на том, что система характеристик качества ПС должна иметь иерархическую структуру, формируемую сверху вниз. Кроме того, доказано [8], что такой подход психологически обоснован, так как именно при таком представлении системы характеристик качества достоверность экспертных оценок будет достаточно велика.

В качестве характеристик верхнего уровня иерархии системы качества будем использовать международный стандарт ISO 9126:1991 [6], в котором определен универсальный для любого класса ПС набор из шести факторов качества. Эти факторы описывают с минимальным перекрытием качество ПС. Приведем их: это функциональные возможности, надежность, эффективность, практичность, сопровождаемость, мобильность. Стандартизованные в ISO 9126 характеристики качества ПС различаются по степени влияния на системную эффективность применения программ по прямому назначению. С этой точки зрения множество характеристик качества ПС можно разделить на две принципиально различающиеся группы [9]:

– функциональные характеристики, определяющие назначение, свойства и задачи, решаемые комплексом программ для основных пользователей;

– конструктивные характеристики качества, номенклатура которых может быть унифицирована, адаптирована и использована для описания остальных стандартизируемых характеристик качества, поддерживающих и улучшающих реализацию основных функциональных требований к качеству ПС.

Среди стандартизованных показателей качества к первой группе относится функциональная пригодность, являющаяся самой важной и доминирующей характеристикой ПС, и именно она имеет наибольшее значение для достижения стратегических целей использования ПС. Все остальные стандартизованные характеристики ПС в той или иной степени должны способствовать обеспечению этих целей путем выбора частных конструктивных требований.

В таблице приведена система характеристик и подхарактеристик оценки качества программных средств обеспечения финансово-хозяйственной деятельности организации.

Функциональные возможности – способность программного средства обеспечить решение задач, удовлетворяющих установленным или предполагаемым потребностям заказчиков и пользователей при применении комплекса программ в заданных условиях. Данный класс показателей характеризует то, что программное обеспечение выполняет удовлетворение необходимых потребностей, тогда как другие классы показателей характеризуют, главным образом когда и как это выполняется.

В программе на первом месте стоит самая важная характеристика ПС – функциональная пригодность. Данная характеристика программного средства относится к наличию и соответствию набора функций конкретным задачам.

Приведем описание наиболее важных для финансово-экономических программ показателей качества функциональной пригодности.

п/п	НАЗВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА
1. Функциональные возможности	
1.1.	Функциональная пригодность
1.1.1.	Функциональная адекватность
1.1.1.1.	Соответствие требованиям бухгалтерского учета
1.1.1.1.1.	Модели учета
1.1.1.1.1.1.	Синтетический учет
1.1.1.1.1.2.	Аналитический учет
1.1.1.1.1.3.	Мультивалютный учет
1.1.1.1.2.	Классификация и кодирование информации
1.1.1.1.3.	Система учетных регистров
1.1.1.1.3.1.	Регистр бухгалтерских проводок
1.1.1.1.3.2.	Регистр хозяйственных операций
1.1.1.1.3.3.	Регистр хозяйственных документов
1.1.1.1.3.4.	Регистр документов-оснований
1.1.1.1.4.	Система документов
1.1.1.1.4.1.	Первичные учетные документы
1.1.1.1.4.2.	Выходные отчетные документы
1.1.1.2.	Соответствие отраслевой специфике (отраслевые решения)
1.1.1.3.	Соответствие стандартам международного бухгалтерского учета
1.1.1.4.	Соответствие требованиям управленческого учета
1.1.2.	Функциональная полнота
1.1.2.1.	Компонентная полнота
1.1.2.1.1.	Главная книга
1.1.2.1.2.	Учет кассовых операций
1.1.2.1.3.	Учет банковских операций
1.1.2.1.4.	Учет расчетов с покупателями/поставщиками
1.1.2.1.5.	Учет основных средств и нематериальных активов
1.1.2.1.6.	Учет материальных ценностей
1.1.2.1.7.	Учет труда и заработной платы
1.1.2.1.8.	Учет договорных отношений
1.1.2.2.	Комплексность
1.2.	Корректность-правильность
1.3.	Способность к взаимодействию
1.3.1.	Операционный и аппаратный уровень
1.3.2.	Внешний информационно-программный уровень
1.3.3.	Корпоративный информационно-программный уровень
1.3.4.	Внутренний информационно-программный уровень
1.3.5.	Пользовательский уровень
1.4.	Защищенность
2. Надежность	
2.1.	Завершенность
2.2.	Устойчивость
2.3.	Восстанавливаемость
2.4.	Доступность
3. Эффективность	
3.1.	Временная эффективность
3.2.	Используемость ресурсов
4. Практичность	
4.1.	Понятность
4.1.1.	Понятность ПС
4.1.2.	Понятность документации на ПС
4.2.	Изучаемость
4.2.1.	Трудоемкость изучения применения ПС

	4.2.2. Продолжительность изучения применения ПС
	4.2.3. Качество справочных средств обучения
	4.2.3.1. Демонстрационные возможности
	4.2.3.2. Эксплуатационная документация
	4.2.4. Качество оперативной помощи и подсказок
	4.3. Простота использования
	4.3.1. Управляемость
	4.3.1.1. Простота управления функциями ПС
	4.3.1.2. Уровень дизайна
	4.3.1.3. Информативность
	4.3.2. Согласованность
	4.3.3. Устойчивость к ошибкам
	4.4. Привлекательность
	4.4.1. Наглядность рекламы
	4.4.2. Эстетика оформления ПС
	4.4.2.1. интерфейсов с пользователями
	4.4.2.2. документации
	5. Сопровождаемость
	5.1. Анализируемость
	5.2. Изменяемость
	5.3. Стабильность
	Тестируемость
	6. Мобильность
	6.1. Адаптируемость
	6.2. Простота внедрения
	6.3. Существование
	6.4. Замещаемость

Функциональная адекватность оценивает соответствие программного средства требованиям бухгалтерского учета РФ, отраслевой специфике, требованиям международного бухгалтерского учета и управленческого учета.

Автоматизированная система бухгалтерского учета должна обеспечивать выполнение всех функций и требований бухгалтерского учета. Соответствие требованиям бухгалтерского учета оценивается с точки зрения наличия и качества реализации в ПС моделей учета (синтетического, аналитического, мультивалютного), классификации и кодирования информации, системы учетных регистров (бухгалтерских проводок, хозяйственных операций, хозяйственных документов и документов-оснований) и системы документов (первичных учетных и выходных отчетных).

Соответствие отраслевой специфике позволяет оценить наличие и качество функций ПС, учитывающих отраслевую

специфику организации (в рассматриваемом случае – образовательное учреждение). Так, например, финансово-хозяйственная деятельность высших учебных заведений отличается широким перечнем образовательных услуг и научных изысканий. Для такой организации крайне важно решение задач управления себестоимостью образовательного продукта, управления научно-исследовательскими работами, учета договоров на обучение и т. д., то есть, так называемых «стыковых задач». Полноценное решение данных задач в информационных системах, не предлагающих отраслевых решений, для образовательных учреждений невозможно, а в системах, не являющихся полностью интегрированными, где обеспечен обмен данными между финансовым модулем и другими модулями, крайне затруднено.

Соответствие требованиям управленческого учета – характеристика ПС, оценивающая аналитичность информации. В составе управленческого учёта информа-

ция собирается, группируется, идентифицируется, изучается с целью наиболее чёткого и достоверного отражения результата деятельности структурных подразделений и организации в целом. Эффективность производственной деятельности представлена в учёте как процесс сопоставления фактических и стандартных затрат и результатов от произведённых расходов. Таким образом, сущность управленческого учёта можно определить как интегрированную систему учёта затрат и доходов, нормирования, планирования, контроля и анализа, которая систематизирует информацию для оперативных управленческих решений и координации проблем будущего развития организации.

Компонентная полнота отражает наличие и уровень реализации в ИС функциональных компонентов, оценивает полноту охвата бизнес-процессов рассматриваемой сферы управления, полноту состава, структуры и качества входной и выходной информации.

Предложенная система характеристик качества программных средств обеспечения финансово-хозяйственной деятельности учреждений сферы образования может быть полезна как для разработчиков, так и для потребителей. Для разработчиков – обеспечение качества на всех этапах жизненного цик-

ла программных средств. Для заказчиков и пользователей – решение проблемы выбора программы, наиболее подходящей для организации, причем обоснованного выбора из множества альтернативных объектов со сходными характеристиками.

Список литературы

1. Общая методика оценки качества программных средств. – Москва, 1988.
2. Хубаев Г.Н. Экономическая оценка потребительского качества программных средств: Текст лекций / РГЭА. – Ростов н/Д., 1997 – 104 с.
3. Методы и модели оценивания качества программного обеспечения / Воробьев В.И., Копыльцов А.В., Пальчун Б.П., Юсупов Р.М. – СПб.: СПИИРАН. – 1992. – 33 с.
4. Елтаренко Е., Сергиевский М. Оценка аппаратных и программных средств по многоуровневой системе критериев // Компьютер-пресс. – 1998. – № 8. – С. 268–272.
5. Бозм Б., Браун Дж. и др. Характеристики качества программного обеспечения. – М.: Мир, 1981. – 206 с.
6. ISO 9126: 1991. ИТ. Оценка программного продукта. Характеристики качества и руководство по их применению.
7. ГОСТ 28195 – 89. Оценка качества программных средств. Общие положения.
8. Полянский С.В., Чижов С.А., Семенов И.Б. Достоверность экспертных оценок систем управления // Приборы и системы управления. – 1998. – №4. – С. 25–29.
9. Липаев В.В. Качество программных средств. – М.: Янус-К, 2002 – 41 с.

РЕЙТИНГОВЫЕ ОЦЕНКИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ БИБЛИОТЕКОЙ

О.М. ПОЛЕЩУК, *проф. каф. высшей математики МГУЛа, канд. физ.-мат. наук,*
 А.А. ЛЕОНТЬЕВ, *ведущий программист ЦНИТ Петрозаводского государственного университета*

Выделяют два основных типа стандартов требований к программному обеспечению (ПО): стандарты, устанавливающие требования к объекту, и стандарты, устанавливающие требования к процессу.

Первый тип стандартов применяется при определении и формулировании требований, которые предъявляются к техниче-

ским параметрам, показателям качества, структуре программного средства, к составу, содержанию и порядку оформления документации. Второй тип определяет требования, предъявляемые к методам и порядку выполнения различных видов деятельности, которые присутствуют при разработке программного средства.

В настоящее время принят ряд международных стандартов, устанавливающих требования к объекту. В стандарте ISO/IEC – 9126, например, определены шесть характеристик:

- функциональность,
- надежность,
- практичность (удобство или легкость использования),
- эффективность,
- сопровождаемость
- переносимость.

Система управления электронными библиотеками (СУЭБ) должна предоставлять пользователям комплекс образовательных услуг с помощью специально организованной среды и разнообразных средств передачи, хранения и обработки информации. СУЭБ должна поддерживать различные способы обмена учебно-методическими, организационными, административными и прочими информационными ресурсами (ИР) в различных форматах.

Общая задача СУЭБ состоит в удовлетворении поступающего на нее потока требований или заявок на получение ИР. Такие системы называют системами массового обслуживания (СМО).

Во всякой СМО можно выделить входящий поток, обслуживающую систему, выходящий поток. В СМО поступает поток запросов, нуждающихся в обслуживании. Заявки поступают в случайные моменты времени. На обслуживание затрачивается некоторое случайное время. Результатом обслуживания служит выходящий поток. При этом в выходящем потоке могут быть как полностью обслуженные заявки, так и не обслуженные. Выходящий поток отдельной подсистемы (структурного элемента СУЭБ) может стать входящим потоком другой подсистемы.

Важнейшей характеристикой СМО является ее пропускная способность (производительность). Под пропускной способностью понимают среднее число заявок, обслуживаемых системой за некоторый интервал времени. Величина пропускной способности зависит как от характера потока зая-

вок, так и от качества работы обслуживающей системы. При поступлении большого числа заявок могут появиться очереди заявок, а при поступлении малого числа заявок обслуживающие подсистемы могут простаивать.

Важнейшей же социальной характеристикой СУЭБ является качество обеспеченности пользователей ИР, т.е. фактическое качество функционирования обслуживающих подсистем, другими словами, технологическая эффективность системы.

При реализации служб СУЭБ должны быть обеспечены определенные требования, важнейшими из которых являются масштабируемость, возможность их эффективной интеграции и безопасность. При этом под масштабируемостью понимается возможность как увеличения нагрузки на сервис, переноса его на иную платформу, так и распределение нагрузки на сервис на несколько серверов сети. Возможность интеграции подразумевает наличие единых способов и механизмов описания функциональности сервиса, средств регистрации и поиска сервисов, средств их динамического вызова, а также средств персонализации сервисов. В требования безопасности сервисов включается необходимость наличия механизмов разграничения доступа, обеспечения конфиденциальности пересылаемой между сервисами информации, обеспечение сетевой безопасности и пр.

Процедуры экспертного оценивания автоматизированных информационных систем по ряду сформулированных характеристик возникают в задачах:

- выбора автоматизированной информационной системы (АИС);
- оценки эффективности АИС и качества обслуживания ее пользователей;
- постановки задачи по созданию или модернизации АИС.

В теории экспертных оценок [1] принято, что если число объектов, оцениваемых по одному конкретному признаку, равно 7 ± 2 , то эксперт может интуитивно, без формализованных процедур, расставить объекты в порядке убывания интенсивности проявле-

ния этого признака. Как считают психологи, на малом числе объектов у экспертов работает кратковременная память, число структурных единиц которой у разных людей определяется величиной 7 ± 2 . Конечно, предполагается, что эксперт независим в своих оценках и компетентен в соответствующих областях.

Если число объектов больше, чем 7 ± 2 , возникает необходимость в формализованной процедуре проведения оценивания. Есть несколько методов ранжирования объектов по одному признаку на предмет выявления объекта с максимально выраженной интенсивностью проявления этого признака и составления рейтингового списка по мере ее убывания. Если объекты оцениваются сразу по ряду качественных признаков, возникает проблема агрегирующего ранжирования этих объектов по всем признакам сразу. В рамках существующих методов эта проблема решается следующим образом [2]: по каждому признаку объектам выставляются порядковые оценки (например, номер в рейтинговом списке), а в качестве агрегирующего показателя рассматривается их среднее арифметическое или сумма произведений весов признаков на их порядковые оценки, что абсолютно некорректно для порядковой шкалы. Поясним сказанное на примере. Предположим, что два объекта по одному оцениваемому признаку получили соответственно рейтинговые оценки «7» и «6», а по другому оцениваемому признаку соответственно рейтинговые оценки «7» и «8». Суммы баллов и средние арифметические баллов по результатам двух оцениваемых признаков у объектов одинаковые и равны соответственно «14» и «7». Отсюда делается вывод, что они имеют по результатам двух оценок одинаковый рейтинг. Поскольку при выставлении оценок мы имеем дело с порядковой шкалой, то применим строго возрастающее преобразование этой шкалы g : $g(6) = 6$, $g(7) = 7$, $g(8) = 10$.

В соответствии с проведенным преобразованием (которое является допустимым) сумма баллов и среднее арифметическое баллов одного объекта остались преж-

ними, а у второго объекта стали равняться соответственно «16» и «8». Устойчивость результатов после преобразования нарушается, что говорит о некорректности применения арифметической операции сложения (и среднего арифметического). Аналогично можно показать некорректность применения в порядковой шкале всех арифметических операций.

С целью устранения возникающей некорректности предлагается для измерения качественных признаков (например, масштабируемости, практичности и т. д.) ввести лингвистическую шкалу, элементами которой будут нечеткие множества с определенными для них операциями [3].

Дадим определение нечеткого множества согласно [4].

Пусть X – некоторое множество элементов x , и $\mu_A : X \rightarrow [0,1]$. Нечетким подмножеством A в X называется график отображения μ_A , то есть множество вида $\{(x, \mu_A(x)) : x \in X\}$; при этом значение $\mu_A(x)$ называется степенью принадлежности x к A .

Следуя сложившейся традиции, будем употреблять термин «нечеткое множество» вместо более корректного термина «нечеткое подмножество».

Одним из основных понятий теории нечетких множеств [5] является лингвистическая переменная $\{X, T(X), U, V, S\}$,

где: X – название переменной;

$T(X)$ – терм – множества переменной X , то есть множества названий значений переменной X . Каждое из этих значений – нечеткая переменная со значением из универсального множества U .

V – синтаксическое правило, порождающее названия значений лингвистической переменной X .

S – семантическое правило, которое ставит в соответствие каждой нечеткой переменной из $T(X)$ нечеткое подмножество множества U .

Лингвистическая переменная с фиксированным терм-множеством $\{X, T(X), U, V, S\}$ называется семантическим пространством.

Введем ограничения на функции принадлежности $\mu_k(x), k = \overline{1, n}$ терм-множеств $T(X)$.

1. Для каждого $k, k = \overline{1, n}$ существует, по крайней мере, один $x \in U : \mu_k(x) = 1$.

2. Пусть $\tilde{U}_k = \{x \in U : \mu_k(x) = 1\}$, тогда $\mu_k(x), k = \overline{1, n}$ не убывает слева от \tilde{U}_k и не возрастает справа от \tilde{U}_k .

3. $\mu_k(x), k = \overline{1, n}$ имеют не более двух точек разрыва первого рода.

4. Для каждого $x \in U$ существует $k, k = \overline{1, n} : \mu_k(x) \neq 0$.

5. Для каждого $x \in U \sum_{k=1}^n \mu_k(x) = 1$.

Семантические пространства, функции принадлежности терм-множеств которых обладают свойствами (1–5), называются полными ортогональными семантическими пространствами.

Пусть $U = [0, 1]$ и выполняется дополнительное условие:

1. $\mu_k(x), k = \overline{1, n}$ линейны на множествах $\{x \in U : 0 < \mu_k(x) < 1\}$.

Условие $U = [0, 1]$ дает возможность работать с алгеброй нечетких чисел и, как следствие этого, возможность использования методов регрессионного анализа, методов теории управления, методов многомерного шкалирования для анализа нечетких систем.

Нечетким числом A называется нечеткое подмножество множества действительных чисел R , имеющее функцию принадлежности $\mu_A : R \rightarrow [0, 1]$.

Нечеткое число называется нормальным, если $\max_x \mu_A(x) = 1, x \in R$.

По ряду оцениваемых качеств составим рейтинговый список систем управления электронными библиотеками.

Сформулируем список характеристик, которые будут определяющими при формировании рейтингового списка систем. При определении множества значений этих качеств будем пользоваться следующими критериями [5].

Критерий 1. Под оптимальными понимаются такие множества значений, ис-

пользуя которые человек испытывает минимальную неопределенность при описании объектов.

Критерий 2. Если объект описывается некоторым количеством экспертов, то под оптимальными понимаются такие множества значений, которые обеспечивают минимальную степень рассогласования описаний.

Будем считать, что без ограничения общности СУЭБ оцениваются по интенсивности проявления следующих характеристик:

X_1 – функциональность,
 $T(X_1)$ – {низкая, средняя, высокая, очень высокая},

X_2 – надежность,
 $T(X_2)$ – {низкая, средняя, высокая, очень высокая},

X_3 – практичность,
 $T(X_3)$ – {низкая, средняя, высокая, очень высокая},

X_4 – эффективность,
 $T(X_4)$ – {низкая, средняя, высокая, очень высокая},

X_5 – сопровождаемость,
 $T(X_5)$ – {низкая, средняя, высокая, очень высокая},

X_6 – переносимость,
 $T(X_6)$ – {низкая, средняя, высокая, очень высокая},

X_6 – уровень обработки данных,
 $T(X_6)$ – {низкий, средний, высокий, очень высокий},

X_7 – информационная совместимость,
 $T(X_7)$ – {низкая, средняя, высокая, очень высокая},

X_8 – информационная безопасность,
 $T(X_8)$ – {низкая, средняя, высокая, очень высокая},

X_9 – удобство интерфейса пользователя,
 $T(X_9)$ – {низкое, среднее, высокое, очень высокое},

X_{10} – производительность,
 $T(X_{10})$ – {низкая, средняя, высокая, очень высокая}.

Построим полные ортогональные семантические пространства с названиями этих качеств. Следует отметить, что применение полных ортогональных семантических

пространств в задачах рейтингового оценивания объектов (субъектов) по ряду качественных признаков наиболее оправдано при количестве объектов (субъектов), по крайней мере, больше десяти.

Далее рассматриваются два метода решения задачи с участием единственного эксперта.

Метод 1. СУЭБ предлагается оценивать следующим образом: по каждому качеству $X_i, i = \overline{1,10}$ эксперт выбирает подходящее терм-множество, которое, по мнению эксперта, соответствует интенсивности проявления этого качества у рассматриваемой системы. Если эксперт выбирает единственное терм-множество, то предполагается, что степень его уверенности в выборе этого терм-множества равна 1, а степень уверенности в выборе других терм-множеств равна 0. Если эксперт выбирает два соседних терм-множества, то он указывает степень уверенности в выборе одного терм-множества и степень уверенности в выборе соседнего терм-множества. Сумма этих двух степеней уверенности должна равняться 1. Конечно, предполагается, что эксперт достаточно компетентен в вопросах оценивания предлагаемых систем, поэтому исключается случай выбора двух не соседних терм-множеств. Наложены выше ограничения на функции принадлежности терм-множеств исключают также случай выбора экспертом более двух терм-множеств одновременно. Результаты экспертного оценивания n -ой системы будут представлены в виде матрицы $A_n = (a_{ij}^{(n)})$, $i = \overline{1,10}, j = \overline{1,4}$, $a_{ij}^{(n)}$ – степень уверенности эксперта в выборе j -го терм-множества качества X_i для n -ой системы,

$$\sum_{j=1}^4 a_{ij} = 1.$$

Фаззифицируем каждое терм-множество по методу центра тяжести

$$E_{ij} = \frac{\int_0^1 x \mu_{ij}(x) dx}{\int_0^1 \mu_{ij}(x) dx},$$

$\mu_{ij}(x)$ – функция принадлежности j -го терм-множества X_i -го качества $i = \overline{1,10}; j = \overline{1,4}$.

Количественную оценку b_{ni} наличия качества X_i у n -ой системы найдем по формуле:

$$b_{ni} = (a_{i1}^n, a_{i2}^n, a_{i3}^n, a_{i4}^n) (E_{i1}, E_{i2}, E_{i3}, E_{i4})^T,$$

где T – знак транспонирования, $i = \overline{1,10}$.

Для каждого качества $X_i, i = \overline{1,10}$ определим свой вес $\omega_i, \sum_{i=1}^{10} \omega_i = 1$. Считается, что

при количестве качеств ≤ 10 эксперт может интуитивно определить вес каждого качества. Если число качеств > 10 , то существуют формализованные процедуры, основанные на попарных сравнениях или на сравнениях одного качества с несколькими [2]. После определения весов по 100-бальной шкале агрегирующий балл n -ой системы равен

$$b_n = 100 \left(\sum_{i=1}^{10} b_{ni} \omega_i \right).$$

В соответствии с полученными агрегирующими баллами формируется рейтинговый список систем.

Метод 2. Системы предлагается оценивать следующим образом: по каждому качеству $X_i, i = \overline{1,10}$ эксперт выбирает только одно терм-множество, которое, по мнению эксперта, соответствует интенсивности проявления этого качества у рассматриваемой системы.

Пусть $\mu_{ik_i}(x), i = \overline{1,10}; k_i = \overline{1,4}$ – функция принадлежности выбранного терм-множества при оценке качества $X_i, i = \overline{1,10}$ n -ой системы. Результат оценивания n -ой системы по всем перечисленным качествам будет представлен в виде

$$s_n = (\mu_{1k_1}(x), \mu_{2k_2}(x), \dots, \mu_{10k_{10}}(x)), i = \overline{1,10}; k_i = \overline{1,4}.$$

Будем считать, что эталонный образ СУЭБ имеет вид:

$$s = (\mu_{14}(x), \mu_{24}(x), \dots, \mu_{104}(x)),$$

где $\mu_{i_4}(x)$, $i = \overline{1,10}$ – функции принадлежности терм-множеств, выражающих максимальную интенсивность проявления качеств X_i , $i = \overline{1,10}$.

Введем меру близости между эталонным образом СУЭБ и образом n -ой системы следующим образом:

$$\rho_n = \sum_{i=1}^{10} \int_0^1 |\mu_{i_4}(x) - \mu_{i_4}(x)| dx.$$

В соответствии с мерой близости образов систем к эталонному образу СУЭБ составляется рейтинговый список (чем меньше ρ_n , тем выше рейтинг).

Предложенный метод нахождения рейтинговых оценок СУЭБ позволяет:

- уйти от некорректных в порядковой шкале арифметических операций (в частности широко применяемых средних арифметических);
- расширить информативность частных оценок и получить для каждого качественного признака степень интенсивности его проявления;

– строить математические модели с использованием нечетких множеств и обычных арифметических операций.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 04-07-90131.

Список литературы

1. Козелецкий Ю. Психологическая теория решений. – М., 1979.
2. Бешелев С.Д., Гурвич Ф. Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. – М., 1980.
3. Аверкин А.Н. и др. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / И.З. Батыршин, А.Ф. Блишун, В.Б. Силов, В.Б. Тарасов. – М.: Наука, 1986. – 312 с.
4. Zadeh L. A. Fuzzy sets.– Inform. And Control. 8, 1965, p. 338-352.
5. Рыжов А.П. Элементы теории нечетких множеств и измерения нечеткости. – М.: Диалог-МГУ, 1998. – 116 с.
6. Chiu-Keung Law. Using fuzzy numbers in educational grading system.– Fuzzy Sets and Systems, 83, 1996, p. 311-323.
7. Полещук О.М. О применении нечетких множеств в задачах построения уровней градаций. // Лесной вестник. – М.: МГУЛ, 2000. – №4 (13). – С. 142–146.

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ БИБЛИОТЕКОЙ НА БАЗЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ БИБЛИОТЕЧНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

А.А. ЛЕОНТЬЕВ, *ведущий программист ЦНИТ Петрозаводского государственного университета*

На сегодняшний день использование информационно-коммуникационных технологий (автоматизированных библиотечно-информационных систем (АБИС), систем управления электронной библиотекой (СУЭБ) и пр.) в работе научных библиотек является обязательным требованием к повышению качества услуг, предоставляемых библиотеками своим пользователям. Сгенерированные ресурсы (электронные каталоги, электронные полнотекстовые ресурсы, средства доступа к внешним массивам документов) должны служить в научной библиотеке решению главной задачи – под-

держке учебного процесса и научных исследований в вузе за счет доступа к любым типам информационных фондов библиотек.

Сохранность фондов на традиционных носителях является одной из основных задач библиотек. Предоставление информации в электронном виде дает новые возможности для работы с данными, в отличие от традиционных изданий в печатном виде. Это позволяет обеспечить доступ к книгам, выдача которых по каким-либо причинам ограничена или невозможна, либо количество или качество которых в традиционных фондах не соответствует уровню требова-

ния читателей. Работа с электронными документами позволяет реализовать гибкие возможности по поиску документов. Создание электронных копий печатных изданий позволяет повысить качество обслуживания путем пересылки их читателям по каналам связи, выдачи электронных изданий по индивидуальному и межбиблиотечному абонементу.

Значимость СУЭБ для информационного общества настолько велика, что проблема их создания поднимается на уровень государственной политики. Так, одной из важнейших задач Федеральной целевой программы «Развитие единой образовательной информационной среды на 2001–2005 годы» обозначена «разработка и тиражирование современных электронных средств обучения, интеграция их с традиционными учебными пособиями, организация электронных библиотек обучающих средств и обеспечение доступа к размещенным в них образовательным ресурсам, организация системы доставки электронных учебно-методических материалов, дистанционного обучения и консультирования учащихся учебных заведений различного уровня». Ситуация, сложившаяся на сегодняшний день в области разработки АБИС и СУЭБ, характеризуется тем, что в большинстве случаев разработка этих систем ведется абсолютно раздельно, что зачастую ведет к тому, что огромный опыт, наработанный при разработке АБИС, не используется в системах управления электронными библиотеками.

В статье рассматриваются подходы к разработке системы управления электронной библиотекой (СУЭБ) на платформе автоматизированной информационно-библиотечной системы (АИБС).

Под системой управления электронной библиотекой в статье понимается информационная система, обеспечивающая создание и хранение документов (объединенных единой идеологией структуризации и доступа) в электронном виде с возможностью доступа к ним через средства вычислительной техники, в том числе в

информационных сетях (как локальных, так и глобальных), где фонд ЭБ – систематизированное собрание документов, являющихся объектами библиотечного хранения и управления. Депозитарный фонд – часть фонда ЭБ, сохраняемая на постоянной основе депозитарием в форматах и на носителях, поддерживающих надежное долговременное хранение и конвертацию данных для обеспечения сохранности информации.

Цели и задачи создания электронной библиотеки

Цель электронной библиотеки (ЭБ) – сформировать региональный библиотечный репертуар электронных документов и обеспечить их доступность для пользователей как основу для развития в регионе единой информационно-образовательной среды.

Задачами создания ЭБ являются разработка, внедрение и развитие интегрированного распределенного автоматизированного комплекса информационно-библиотечного обслуживания студентов, преподавателей и сотрудников ПетрГУ, а также «внешних» пользователей, что предполагает:

- создание, сбор, обработку, экспертирование и обеспечение долговременной сохранности электронных документов, признанных в качестве объектов библиотечного хранения;
- создание единого справочно-поискового аппарата ко всем частям фонда ЭБ ПетрГУ, позволяющего конечному пользователю производить многоаспектный поиск без использования сложных синтаксических конструкций;
- обеспечение доступности электронных документов пользователям.

Функции системы

1. Подсистема авторизации доступа к ЭБ.
2. Подсистема публикации описаний документов.
3. Подсистема публикации внутренних источников.

4. Подсистема сбора и представления статистических данных.

5. Подсистема поиска и визуализации документов.

1. Подсистема авторизации доступа к ЭБ

Подсистема строится на понятии проекта. В рамках проекта различные пользователи могут получать различные права:

– **Читатель** – возможности поиска, просмотра, скачивания и вывода на печатающее устройство материалов ЭБ. Возможность добавления внешних ресурсов в ЭБ (публикация – после утверждения администратора ЭБ). Без регистрации – возможность поиска и просмотра описаний.

– **Редактор** – возможности читателя, а также возможность публикации внутренних ресурсов ЭБ (размещаемых на сервере ЭБ), возможности редактирования описаний, созданных им, создание оглавлений.

– **Администратор проекта** – возможности редактора, а также возможность редактирования и утверждения описаний, подготовленных редакторами и читателями, добавление новых редакторов в рамках проекта, просмотр статистики использования ресурсов ЭБ.

– **Администратор ЭБ** – возможности администратора проекта, распространяющиеся на все проекты ЭБ, создание новых проектов, редактирование справочников.

Пользователи ЭБ

Эксклюзивные права для создания пользователя принадлежат администратору ЭБ. Информация о пользователе включает следующие поля:

- Статус
- Фамилия
- Имя
- Отчество
- E-mail
- Организация
- Должность
- Телефон
- Город

- Логин
- Пароль

Эксклюзивные права на редактирование и удаление пользователей также принадлежат администратору ЭБ.

Проекты

Эксклюзивные права для создания проекта принадлежат администратору ЭБ. Права на редактирование и удаление проекта принадлежат администратору ЭБ и администратору проекта.

Пользователи получают права на редактирование, добавление и удаление документов только после добавления к одному из проектов и определения их прав в рамках проекта. Эксклюзивные права для добавления пользователей проекта принадлежат администратору ЭБ и администратору проекта.

2. Подсистема публикации описаний

Подсистема предназначена для добавления, редактирования и удаления описаний документов. Описание основывается на спецификации Dublin Core. Права на создание описаний принадлежат пользователям, зарегистрированным в проекте. Права для редактирования и удаление описаний принадлежат редактору, создавшему описание, администратору проекта, администратору ЭБ.

Список полей описания

Описание включает в себя 24 поля. В основном поля относятся к спецификации Dublin Core (подробная информация о спецификации: <http://www.dublincore.org>). Ниже приводится полный список полей.

1. Название:
2. Альтернативное название
3. Автор (-ы)
4. Описание (реферат):
5. Содержание
6. Издатель (URL)
7. Издатель (название, ФИО)
8. Соисполнитель

9. Формат
10. Объем (Mb):
11. Тип
12. Идентификатор (для сайтов – URL, для книг ISBN и т.п.)
13. Язык
14. Copyright
15. Ключевые слова
16. Географическая рубрика
17. Персоны
18. Гриф (рекомендовано):
19. Библиографическое описание
20. Продолжение названия:
21. Место издания:
22. Год издания:
23. Дата создания (вносится автоматически)
24. Дата редактирования (вносится автоматически)

СУЭБ поддерживает классификацию по следующим категориям:

1. Предметы библиотечно-библиографической классификации (ББК)
2. Школьные предметы
3. Категории пользователей

3. Подсистема публикации внутренних источников

Подсистема предназначена для публикации источников, размещаемых непосредственно на сервере ЭБ (депозитарного фонда). Поддерживает функции составления оглавления источников, включая многоуровневые оглавления. Возможность публикации источников в форматах JPEG, HTML, PDF, Microsoft Word, RTF и др.

4. Подсистема сбора статистических данных

Система предназначена для сбора статистических данных о читателях ЭБ (статус, ФИО, e-mail, организация, должность, телефон, город), информации о просмотренных ИР. На основе подсистемы сбора статистических данных строятся раздел ЭБ *TOP-5* (наиболее популярные документы за последний месяц).

Реализован просмотр и редактирование сведений о читателе ЭБ, включая статистику по конкретному читателю.

Общая статистика по системе содержит следующую информацию:

- распределение по городам
- распределение пользователей по количеству просмотренных описаний
- посещаемость конкретных книг
- самые активные читатели
- распределение посещений по проектам
- распределение посещений по разделам ББК
- поисковые слова
- количество просмотров
- количество описаний
- количество пользователей

Подсистема поиска и визуализации документов

Подсистема поиска и визуализации документов предназначена для поиска и предоставления пользователю документов ЭБ.

ЭБ предоставляет два метода поиска:

1. Упрощенный поиск. Ищется вхождение всех набранных пользователем слов во все поля, пробел заменяется логической связкой *AND*.

2. Расширенный поиск. Поиск может производиться по нескольким полям, которые выбираются пользователем. В каждом из полей ищется вхождение всех слов, набранных пользователем. Пользователь может задать логические связи между полями (*Любое из полей – OR; все поля – AND*).

Пользователь, переходя по древовидным классификациям, может также найти описание.

Для депозитарных документов, опубликованных непосредственно на сервере ЭБ, предоставляются возможности:

- последовательного (постраничного) просмотра;
- перехода по оглавлению;
- перехода на определенную страницу.

Пользователю предоставляются следующие поля описания:

1. Название
2. Автор (-ы)
3. Описание (реферат):
4. Издатель (URL)
5. Издатель (название, ФИО)
6. Соисполнитель
7. Объем (Mb):
8. Язык
9. Copyright
10. Гриф (рекомендовано)
11. Библиографическое описание

12. Продолжение названия:
 13. Место издания:
 14. Год издания:
 15. Дата создания (заносятся автоматически)
 16. Дата редактирования (заносятся автоматически)
- Все поля (в случае их занесения) отображаются в заголовке в формате, принятом спецификацией Dublin Core¹:
- <META NAME = «Name.Set»
SCHEME = «Scheme» CONTENT = «Content»>

Т а б л и ц а

пп	Element Name/Имя	Set/Подмножество	Scheme/Схема	Content/Содержание
1.	Title			Название
2.	Title	Alternative		Альтернативное название
3.	Creator			Автор (-ы)
4.	Subject		ББК	Рубрика ББК
5.	Subject	keyword		Ключевые слова
6.	Description	abstract		Описание (реферат):
7.	Description	tableOfContents		Содержание
8.	Publisher	CorporateName		Издатель (название, ФИО)
9.	Publisher	CorporateName.Address		Издатель (URL)
10.	Contributor			Соисполнитель
11.	Date	Created	ISO-8601 ²	Дата создания
12.	Date	Modified	ISO-8601	Дата редактирования
13.	Type		DCMI ³	Тип
14.	Format		IMT ⁴	Формат
15.	Format	Size		Объем (Mb):
16.	Identifier		URL	Идентификатор
17.	Language		RFC3066	Язык
18.	Rights			Copyright
19.	Coverage			Географическая рубрика

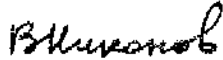
¹ DCMI Type Vocabulary. DCMI Recommendation, 11 July 2000. <http://dublincore.org/documents/dcmi-type-vocabulary/>

² Date and Time Formats, W3C Note. <http://www.w3.org/TR/NOTE-datetime>

³ DCMI Type Vocabulary. DCMI Recommendation, 11 July 2000. <http://dublincore.org/documents/dcmi-type-vocabulary/>

⁴ Internet Media Types. <http://www.isi.edu/in-notes/iana/assignments/media-types/media-types>

Представленный цикл статей содержит новые результаты, относящиеся к анализу систем булевых и k -значных уравнений. Таким образом, журнал знакомит читателей с трудами сложившегося коллектива специалистов, объединенных многолетним научным сотрудничеством, в том числе в рамках межвузовского проблемного семинара. Возможность регулярно публиковать наиболее значимые работы в этой области прикладной математики, безусловно, укрепляет узы плодотворного научного сотрудничества, за что авторы выражают искреннюю благодарность профессорам В.Г. Домрачеву, А.Д. Марковскому, О.М. Полещук и координатору работ доценту К.К. Рыбникову.



Член Президиума РАЕН, доктор технических наук
В. Г. Никонов

СИНТЕЗ ЛАТИНСКИХ КВАДРАТОВ С ПОМОЩЬЮ ПОЛИНОМОВ ДВУХ ПЕРЕМЕННЫХ НАД КОЛЬЦОМ Z_{2^k}

П.А. БЕЛЯКОВ, лаборатория ТВП, Москва,

В.Г. НИКОНОВ, действительный член РАЕН, Москва, д-р техн. наук

В настоящее время латинские квадраты находят широкое применение в различных областях математики. Исследования многообразных свойств латинских квадратов проводятся в комбинаторном анализе, теории помехоустойчивого кодирования, криптографии. Прослеживается связь латинских квадратов с группами: таблица задания групповой операции есть латинский квадрат. Как следствие наличия многочисленных практических приложений латинских квадратов, возникают вопросы минимизации необходимой для их хранения памяти, а также удобного их представления для облегчения передачи в каналах связи. Простое запоминание латинского квадрата зачастую неприемлемо, но, с другой стороны, и применение излишне сложных методов уплотнения и восстановления не решает поставленной задачи. Особый интерес представляет вопрос

описания латинских квадратов высоких порядков, а также нахождения латинских квадратов произвольно больших порядков.

1. Отношения сравнимости в латинских квадратах, задаваемых полиномами

Определение 1

Латинским квадратом над кольцом Z_n называется таблица чисел размеров $n \times n$, каждая строка и каждый столбец которой представляют собой некоторую перестановку набора чисел от 0 до $n-1$.

Всякая функция двух переменных над Z_n однозначно задается квадратом своих значений размеров $n \times n$ и для произвольной функции двух переменных $f(x_1, x_2)$ над Z_n будем обозначать таблицу ее значений как $S_f^{(n)}$ (табл.1).

Т а б л и ц а 1

$x_1 \setminus x_2$	0	1	...	j	...	$n-1$
0	$f(0, 0)$	$f(0, 1)$	...	$f(0, j)$	...	$f(0, n-1)$
1	$f(1, 0)$	$f(1, 1)$	...	$f(1, j)$	...	$f(1, n-1)$
...
i	$f(i, 0)$	$f(i, 1)$	...	$f(i, j)$	...	$f(i, n-1)$
...
$n-1$	$f(n-1, 0)$	$f(n-1, 1)$	...	$f(n-1, j)$	...	$f(n-1, n-1)$

Определение 2

Главной угловой клеткой размера $j \times j$ таблицы $S_f^{(n)}$ назовем клетку табл.1, соответствующую значениям переменных $x_1, x_2 \in \overline{0, j-1}$.

Определение 3

Класс латинских квадратов, являющихся квадратами значений полиномов двух переменных над кольцом Z_n , будем обозначать $LP^{(n)}$ (и писать для указанных полиномов $p(x_1, x_2)$ двух переменных $S_p^{(n)} \in LP^{(n)}$).

Определение 4

Полином $p(x_1, x_2)$ двух переменных над кольцом Z_n назовем латинским многочленом, если выполняется включение $S_p^{(n)} \in LP^{(n)}$.

Напомним, что полиномы над Z_{2^k} сохраняют отношения сравнимости по собственным делителям числа 2^k и, следовательно, если некоторая функция не сохраняет отношений сравнимости по собственным делителям числа 2^k , то она не представляется в виде полинома над Z_{2^k} .

Отношения сравнимости по собственным делителям 2^k суть отношения сравнимости по модулям $2, 4, 8, \dots, 2^{k-1}$. Следовательно, чтобы установить, записывается ли функция в виде полинома, необходимо проверять условия, что для произвольных $x_1, x_2, x_1', x_2' \in Z_{2^k}$ выполнены импликации: если $x_1 \equiv x_1' \pmod{2^j}, x_2 \equiv x_2' \pmod{2^j}$, то тогда $f(x_1, x_2) \equiv f(x_1', x_2') \pmod{2^j}, j \in \overline{1, k-1}$. (1)

Обозначим символом $[a]$ класс элементов кольца Z_{2^k} , сравнимых с данным элементом a по модулю 2^h . В случае сохранения функцией $f(x_1, x_2)$ отношения сравнимости по модулю 2^h условие, равносильное условию (1), выглядит следующим образом: если $x_1, x_1' \in [a], x_1, x_2, x_1', x_2' \in [b]$, то тогда $f(x_1, x_2), f(x_1', x_2')$ из класса $[c]$. (2)

Пользуясь условием (2) возможно сформулировать следующую теорему 1.

Теорема 1

Пусть функция двух переменных $f(x_1, x_2)$, заданная над Z_{2^k} , сохраняет отношения сравнимости по модулю $2^h, h \in \overline{1, k-1}$. Тогда значения функции $f(x_1, x_2)$, взятые из главной угловой клетки размера $2^h \times 2^h$ таблицы значений $S_f^{(2^k)} \in$, позволяют определять принадлежность всех элементов таблицы значений функции $f(x_1, x_2)$ классам сравнимости по модулю 2^h .

Доказательство

В силу условия (2), какое бы значение функции $f(x_1, x_2)$ ни рассматривалось, его принадлежность определенному классу сравнимых элементов всегда в точности повторяет принадлежность к некоторому классу элемента $f(x_1 \pmod{2^h}, x_2 \pmod{2^h})$.

Следствие

Пусть $f(x_1, x_2)$ – полином двух переменных над Z_{2^k} , причем $S_f^{(2^k)} \in LP^{(2^k)}$. Тогда

а) если свободный член полинома $f(x_1, x_2)$, равный $f(0, 0)$, четный, то квадрат значений $S_f^{(2^k)}$ полинома $f(x_1, x_2)$, приведенный по модулю 2, совпадает с приведенной по модулю 2 таблицей значений линейной формы $x_1 + x_2$ (см. табл.2(а)).

Т а б л и ц а 2 (а)

$x_1 \setminus x_2$	0	1	2	...
0	0	1	0	...
1	1	0	1	...
2	0	1	0	...
...

б) если же $f(0, 0)$ нечетный, то квадрат $S_f^{(2^k)}$ значений полинома $f(x_1, x_2)$, приведенный по модулю 2, совпадает с приведенной по модулю 2 таблицей значений линейной формы $x_1 + x_2 + 1$ (см. табл.2(б)).

Т а б л и ц а 2 (б)

$x_1 \setminus x_2$	0	1	2	...
0	1	0	1	...
1	0	1	0	...
2	1	0	1	...
...

Определение 5

В случаях, когда таблица $S_f^{(2^k)}$ значений произвольной функции двух переменных $f(x_1, x_2)$ над кольцом Z_{2^k} , приведенная по модулю 2, оказывается вида табл. 2(а) или табл. 2(б), будем говорить о свойстве чередования четности в таблице функции $f(x_1, x_2)$.

2. Ограничение степеней полиномов в кольце Z_{2^k}

В связи с задачами подсчета числа латинских многочленов, определения количества различных полиномиальных представлений для заданной таблицы значений исключительную актуальность приобретает вопрос о том, какую максимальную степень могут иметь переменные, входящие в запись полинома над Z_{2^k} . Задача ограничения степеней переменных, представляет также и самостоятельный интерес.

Обозначим $y = \max_{x_i \in Z_{2^k}^*} (ord(x_i))$. Заме-

тим, что порядки всех обратимых элементов делят 2^{k-1} , то есть являются степенями двойки и потому целое число раз укладываются в длину максимального порядка y , также являющегося степенью двойки.

Рассмотрим в качестве иллюстрации таблицу степеней элементов кольца Z_{2^k} (табл. 3).

Из табл.3 видно, что первое повторение столбцов случится на шаге $y+k$, так как расстояние между одинаковыми столбцами табл.3 должно быть кратно y , а столбцы, соответствующие степеням значений x меньшим k , содержат ненулевые элементы на местах, отвечающих четным элементам кольца Z_{2^k} .

Поэтому дальше везде величина $T = y+k-1$ (3) рассматривается как верхняя граница степеней переменных. Установим точное значение величины

$$y = \max_{x_i \in Z_{2^k}^*} (ord(x_i))$$

Известно, (см. [5]), что мультипликативная группа Z_n^* является циклической тогда и только тогда, когда $n \in \{2, 4, p^k, 2 \cdot p^k, p \geq 3 - \text{простое}\}$. Установим точное значение величины:

$$y = \max_{x_i \in Z_{2^k}^*} (ord(x_i))$$

Известно [5], что мультипликативная группа Z_n^* является циклической тогда и только тогда, когда $n \in \{2, 4, p^k, 2 \cdot p^k, p \geq 3 - \text{простое}\}$.

Таким образом, группа Z_n^* не является циклической при $k \geq 3$ и уже в группе Z_{2^k} порядки всех обратимых элементов, составляющих мультипликативную группу $Z_{2^k}^*$ равны двум и не совпадают с порядком группы $|Z_8^*| = 4$.

Т а б л и ц а 3

x	x^2	...	x^k	...	x^y	...	x^{y+k}
0	0	...	0	...	0	...	0
1	1	...	1	...	1	...	1
2	4	...	$2^k=0$	...	0	...	0
3	9	...	3^k	...	1	...	3^k
...
$2t$	$(2t)^2$	...	$2^{kt}=0$	...	0	...	0
$2t+1$	$(2t+1)^2$	...	$(2t+1)^k$	...	1	...	$(2t+1)^k$
...

Кроме того, известно, что группа Z_n^* при $k \geq 3$ является прямым произведением двух циклических групп порядка 2 и порядка 2^{k-2} и, следовательно, порядки элементов группы Z_n^* делят 2^{k-2} , причем в Z_n^* существует элемент максимального порядка 2^{k-2} .

Окончательно заключаем, что

$$y = \max_{x \in Z_{2^k}^*} (\text{ord}(x)) = 2^{k-2}$$

и величина T ограничения степеней переменных полинома в кольце Z_{2^k} равна

$$T = y + k - 12^{k-2} = 2^{k-2} + k - 1. \quad (4)$$

3. Структурные особенности латинских многочленов

Теорема 2

Пусть полином $f(x_1, x_2) = \sum_{i=1}^T a_i x_1^i + \sum_{j=1}^T b_j x_2^j + \sum_{n=1}^T \sum_{l=1}^T c_{nl} x_1^n x_2^l + c_0$ задан над Z_{2^k} , причем $S_f^{(2^k)} \in LP(2^k)$.

Тогда $a_1 \equiv 1 \pmod{2}$, $b_1 \equiv 1 \pmod{2}$, $\sum_{l=1}^T c_{1l} \equiv 0 \pmod{2}$ и $\sum_{n=1}^T c_{n1} \equiv 0 \pmod{2}$. (5)

Доказательство

Выписанные условия суть следствия биективности подфункций функции $f(x_1, x_2)$, получаемых из $f(x_1, x_2)$ фиксациями переменных x_1 и x_2 значениями 0 и 1.

Теорема 3

Пусть $f(x_1, x_2) = ax_1 + bx_2$. Тогда $S_f^{(2^k)} \in LP(2^k)$ в том и только том случае, когда коэффициенты a и b нечетны.

Доказательство

Пусть $S_f^{(2^k)} \in LP(2^k)$. Заметим, что $f(0,0)=0$, $f(0,1)=b$, $f(1,0)=a$, $f(1,1)=a+b$ и используем соотношения (5) теоремы 2, согласно которым a и b оба нечетны.

Обратно, пусть коэффициенты a и b нечетны, элемент с номером (i, j) таблицы

значений полинома равен $ai+bj$. Можно заметить, что в произвольной i -ой строке таблицы полином принимает все возможные значения от 0 до $2^k - 1$. Действительно, при фиксированных нечетных коэффициентах a и b и некотором фиксированном $i \in \overline{0, 2^k - 1}$ сравнение $ai + bj \equiv l \pmod{2^k}$ равносильное сравнению $bj \equiv l - ai \pmod{2^k}$, разрешимо для любого $l \in \overline{0, 2^k - 1}$ относительно j , так как здесь $1 = \text{НОД}(b, 2^k) | (l - ai)$ и существует единственное решение $j \in \overline{0, 2^k - 1}$:

$$ai + bj \equiv l \pmod{2^k}.$$

Аналогично в произвольном столбце j перечисляются без повторений все элементы от 0 до $2^k - 1$. В силу сделанных замечаний квадрат значений полинома $f = ax_1 + bx_2 + cx_1x_2$ при a и b нечетных является латинским для любого k .

Из простых условий чередования четных и нечетных элементов в таблице задания латинского многочлена можно существенно ограничить класс полиномов, таблица значений которых образует латинский квадрат.

Теорема 4

Пусть $f(x_1, x_2) = \sum_{i=1}^T a_i x_1^i + \sum_{j=1}^T b_j x_2^j + \sum_{n=1}^T \sum_{l=1}^T c_{nl} x_1^n x_2^l + c_0$ над Z_{2^k} и $S_f^{(2^k)} \in LP(2^k)$. Тогда:

- 1) $\sum_{(i)} a_i$ и $\sum_{(j)} b_j$ нечетны;
- 2) $\sum_{(n,l)} c_{n,l}$ четна.

Доказательство

Утверждение теоремы 4 доказывается построением главной угловой клетки размера 2×2 (при $x_1, x_2 \in \overline{0,1}$) таблицы значений полинома $f(x_1, x_2)$ и использованием свойства чередования четности в таблице $S_f^{(2^k)} \in LP(2^k)$ значений полинома $f(x_1, x_2)$ (см. следствие теоремы 1).

4. Индуктивный способ синтеза латинских квадратов в кольцах большей размерности

Следующее утверждение раскрывает структуру квадрата значений произвольного полинома при рассмотрении его над большим кольцом.

Лемма 1

Пусть полином $f(x_1, x_2)$ задан над Z_{2^k} . Пусть также $\begin{pmatrix} R_1 R_2 \\ R_3 R_4 \end{pmatrix}$ – квадрат его значений в $Z_{2^{k+1}}$, где $R_i, i \in \overline{1,4}$ клетки размеров $2^k \times 2^k$. Тогда $R_1 \equiv R_2 \equiv R_3 \equiv R_4$ в Z_{2^k} .

Доказательство

Для доказательства заметим, что при описании квадрата R_2 над $Z_{2^{k+1}}$ необходимо рассматривать в $Z_{2^{k+1}}$ не значения полинома $f(x_1, x_2)$, а значения полинома $g(x_1, x_2) = f(x_1, x_2 + 2^k)$ и, кроме того, приведение квадрата R_2 по модулю 2^k равносильно построению в Z_{2^k} квадрата значений полинома $g(x_1, x_2) = f(x_1, x_2 + 2^k)$ с предварительным приведением его коэффициентов по модулю 2^k .

Используя отсутствие совпадений элементов в строках и столбцах латинского квадрата, удается доказать лемму 2.

Лемма 2

Пусть полином $f(x_1, x_2) = \sum_{i=1}^T a_i x_1^i + \sum_{j=1}^T b_j x_2^j + \sum_{n=1}^T \sum_{l=1}^T c_{nl} x_1^n x_2^l + c_0$ задан над Z_{2^k} и $S_f^{(2^k)} \in LP^{(2^k)}$.

Тогда квадрат значений полинома $f(x_1, x_2)$ является латинским квадратом над $Z_{2^{k+1}}$, если одновременно выполняются следующие три группы условий

$$1) \quad \sum_{n=1}^T c_{n,1} \equiv 0 \pmod{2},$$

$$\sum_{l=0}^T c_{1,l} \equiv 0 \pmod{2},$$

$$2) \quad \sum_{j=0}^{\lfloor \frac{T}{2} \rfloor - 1} b_{2j+1} \equiv 1 \pmod{2},$$

$$\sum_{i=0}^{\lfloor \frac{T}{2} \rfloor - 1} a_{2i+1} \equiv 1 \pmod{2},$$

$$3) \quad \sum_{l=1}^T \sum_{\substack{n=1 \\ \text{по нечет}}}^T (c_{nl} + b_l) \equiv 1 \pmod{2},$$

$$\sum_{n=1}^T \sum_{\substack{l=1 \\ \text{по нечет}}}^T (c_{nl} + a_n) \equiv 1 \pmod{2}.$$

Следствие

В условиях леммы 2 при $t \geq k$ квадрат значений полинома $f(x_1, x_2)$ является латинским в Z_{2^m} .

Известно, (см. [1]), что полином одного переменного

$$F(x) = q_0 + q_1 x + \dots + q_p x^p \in Z_{2^k}[x]$$

задает строкой значений подстановку из симметрической группы S_{2^k} тогда и только тогда, когда выполняются условия

$$\sum_{i=1}^p q_i \equiv 1 \pmod{2}, \sum_{i=1}^p q_{2i+1} \equiv 0 \pmod{2}, q_1 \equiv 1 \pmod{2}. \quad (6)$$

С использованием критерия (6) легко доказывается теорема 5.

Теорема 5

Пусть $f(x_1, x_2) = \sum_{i=1}^T a_i x_1^i + \sum_{j=1}^T b_j x_2^j + \sum_{n=1}^T \sum_{l=1}^T c_{nl} x_1^n x_2^l + c_0$ над Z_{2^k} и $S_f^{(2^k)} \in LP^{(2^k)}$. Тогда $S_f^{(2^k)} \in LP^{(2^{k+1})}$.

Доказательство

Достаточно рассмотреть условия подстановочности (6) для подфункций $f(x_1, x_2)$, $f(x_1, x_2)$, $f(x_1, x_2)$ и $f(x_1, x_2)$ функции $f(x_1, x_2)$, совпадающие в точности с условиями леммы 2.

Теорема 6

Пусть полином $f(x_1, x_2) \in Z_{2^{k+1}}[x_1, x_2]$ и $S_f^{(2^k)} \in LP^{(2^{k+1})}$, а его коэффициенты и предельные степени переменных таковы, что $f(x_1, x_2) \in Z_{2^k}[x_1, x_2]$. Тогда $S_f^{(2^k)} \in LP^{(2^k)}$, причем если $R_{2^k \times 2^k}$ – квадрат значений полинома $f(x_1, x_2)$ в Z_{2^k} , то квадрат значений

$$f(x_1, x_2) \text{ в } Z_{2^{k+1}} \text{ есть } \begin{pmatrix} B_{2^k \times 2^k} & B_{2^k \times 2^k} + 2^k \\ B_{2^k \times 2^k} + 2^k & B_{2^k \times 2^k} \end{pmatrix},$$

где $R_{2^k \times 2^k} \equiv B_{2^k \times 2^k} \pmod{2^k}$.

Доказательство

В самом деле, достаточно заметить, что переход от нелатинского квадрата в Z_{2^k} к латинскому квадрату в $Z_{2^{k+1}}$ осуществиться не может.

5. Критерий образования полиномом двух переменных латинского квадрата

Пусть, как и раньше, полином $f(x_1, x_2) = \sum_{i=1}^T a_i x_1^i + \sum_{j=1}^T b_j x_2^j + \sum_{n=1}^T \sum_{l=1}^T c_{nl} x_1^n x_2^l + c_0$ задан над кольцом Z_{2^k} .

Пусть $E_1 = f(x_1, x_2 + g) - f(x_1, x_2)$; $E_2 = f(x_1 + g, x_2) - f(x_1, x_2)$. Тогда

$$E_1 = \sum_{j=1}^T b_j ((x_2 + g)^j - x_2^j) + \sum_{n=1}^T \sum_{l=1}^T c_{nl} x_1^n ((x_2 + g)^l - x_2^l) \tag{7}$$

$$\text{и } E_2 = \sum_{i=1}^T a_i ((x_1 + g)^i - x_1^i) + \sum_{n=1}^T \sum_{l=1}^T c_{nl} ((x_1 + g)^n - x_1^n) x_2^l \tag{8}$$

Для того чтобы $S_f^{(2^k)} \in LP^{(2^k)}$, необходимо выполнение условий

$$E_1 \neq 0 \pmod{2^k}, \quad E_2 \neq 0 \pmod{2^k},$$

где $g < 2^k - x_2$ для E_1 и $g < 2^k - x_2$ для E_2 , $x_1, x_2 \in Z_{2^k}$.

Проверка приведенных выше сравнений и есть прямое непосредственное доказательство. Задача состоит в построении более простых условий, достаточных для проверки свойства образовывать латинский квадрат. В частных случаях и такое доказательство может оказаться несложным.

Например, для полинома $Ax_1 + Bx_2 + Cx_1^\alpha x_2^\beta$ над Z_{2^k} , где A, B нечетные, а C четно (см. требования к полиному на образование латинского квадрата теоремы 4), рассматривая величину E_2 , получаем:

$$\begin{aligned} E_2 &= Ax_1 + Bx_2 + Ag + C(x_1 + g)^\alpha x_2^\beta - Ax_1 - Bx_2 - Cx_1^\alpha x_2^\beta = \\ &= Ag + Cx_1^\alpha x_2^\beta + \binom{\alpha}{1} Cx_1^{\alpha-1} x_2^\beta g + \dots + g^{\alpha-1} - Cx_1^\alpha x_2^\beta = \\ &= g(A + Cx_2^\beta (\binom{\alpha}{1} x_1^{\alpha-1} + \binom{\alpha}{2} x_1^{\alpha-2} g + \dots + g^{\alpha-1})) \end{aligned}$$

Теперь, так как A нечетно, а C четно, то выражение в скобках нечетно и, следовательно, $E_1 \neq 0 \pmod{2^k}$, $E_2 \neq 0 \pmod{2^k}$ при условии $\alpha \geq 1$. Используя нечетность коэффициента B аналогично проводят рассуждения для величины E_1 . Так получаем класс полиномов двух переменных, квадрат значений которых является латинским.

Заметим, что для полинома в общем виде $Ax_1 + Bx_2 + Cx_1^\alpha x_2^\beta$ над Z_{2^k} можно проверять и условия (6) подстановочности его частных функций. При любой фиксации переменного $x_1 \in Z_{2^k}$ получим полином $Bx_2 + C_2 x_2^\beta + C_1$, где коэффициент $C_2 = C \cdot x_1^\alpha$ заведомо четен, а свободный член $C_1 = Ax_1$ не влияет на биективность частичной функции. Какой бы ни оказалась степень β , четной или нечетной, получившийся полином согласно условиям (6) подстановочности полинома одного переменного, является подстановочным. В самом деле, коэффициент B нечетен, и сумма $B + C_2$ нечетна, так как C_2 четно. Аналогично и при любой фиксации $x_2 \in Z_{2^k}$ получим подстановочную функцию. Основываясь на этой идее, удастся сформулировать и доказать следующую теорему 7.

Теорема 7
(Критерий образования полиномом латинского квадрата)

Пусть полином $f(x_1, x_2) = \sum_{i=1}^T a_i x_1^i + \sum_{j=1}^T b_j x_2^j + \sum_{n=1}^T \sum_{l=1}^T c_{nl} x_1^n x_2^l + c_0$ задан над Z_{2^k} . Тогда $S_f^{(2^k)} \in LP(2^k)$ в том и только том случае, когда полиномы одного переменного $f(0, x_2), f(1, x_2), f(x_1, 0), f(x_1, 1)$ являются подстановочными.

Доказательство

Представим полином $f(x_1, x_2)$ в виде $f(x_1, x_2) = c_0 + x_1 \cdot f_1(x_2) + x_1^2 \cdot f_2(x_2) + \dots + x_1^T \cdot f_T(x_2)$. (10)

Будем считать представленный нужным образом полином (10) полиномом одного переменного x_1 с коэффициентами $f_i(x_2), i \in \overline{1, T}$ и свободным членом c_0 . Согласно критерию биективности (6) для полинома одного переменного получаем, что необходимым и достаточным условием подстановочности полинома (10) является выполнение трех сравнений

$$f_1(x_2) \equiv 1 \pmod{2}, \sum_{i=1}^T f_{2i+1}(x_2) \equiv 0 \pmod{2},$$

$$\sum_{j=1}^T f_j(x_2) \equiv 1 \pmod{2}. \quad (11)$$

Так как в подобном представлении (10) всякая функция $f_i(x_2), i \in \overline{1, T}$ есть полином одного переменного, то четность любого из значений такого полинома определяется двумя условиями: x_2 четно или же x_2 нечетно. Например, при подстановке любых двух четных значений x_2 оба результата будут иметь одинаковую четность, равно как и при подстановке двух нечетных значений четности результатов будут одинаковы. Это другая формулировка свойства сохранять отношения сравнимости по модулю 2 полиномом одного переменного (см. свойство (1)). Поэтому в условиях подстановочности (11), представляющих собой проверку трех сравнений по модулю 2, достаточно прове-

рять их выполнение при всего двух значениях переменного x_2 , при $x_2 = 0$, задающем класс всех четных элементов, и при $x_2 = 1$, отвечающем классу нечетных элементов. Таким образом, проверка шести условий

$$f_1(0) \equiv 1 \pmod{2}, \sum_{i=1}^T f_{2i+1}(0) \equiv 0 \pmod{2},$$

$$\sum_{j=1}^T f_j(0) \equiv 1 \pmod{2}, f_1(1) \equiv 1 \pmod{2}, \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^T f_{2i+1}(1) \equiv 0 \pmod{2}, \sum_{j=1}^T f_j(1) \equiv 1 \pmod{2}$$

обеспечивает биективность частичных функций, получаемых из $f(x_1, x_2)$ фиксацией переменного x_2 любым значением из Z_{2^k} . Симметричные условия можно записать и для случая фиксации переменного x_1 .

Значит, проверка того, что квадрат значений некоторого полинома двух переменных над Z_{2^k} является латинским, состоит в проверке биективности четырех полиномов одного переменного $f(0, x_2), f(1, x_2), f(x_1, 0), f(x_1, 1)$.

6. Обратные формы латинских квадратов

Латинский квадрат, рассматриваемый как таблица задания некоторого полинома двух переменных обладает свойством однозначности в том смысле, что по выражению $f(x_1, x_2) = \gamma$, можно построить пару латинских квадратов, являющихся табличными заданиями некоторых функций двух переменных $g(x_1, \gamma), h(x_2, \gamma)$, удовлетворяющих соотношениям $g(x_1, \gamma) = x_2, h(x_2, \gamma) = x_1$. Вопрос состоит в том, являются ли эти латинские квадраты квадратами задания некоторых полиномиальных функций двух переменных.

При построении таблицы обратной функции $g(x_1, \gamma), h(x_2, \gamma)$ можно, фиксируя в табл.1 конкретное значение переменного x_2 , последовательно отыскивать в столбце с номером x_2 исходного квадрата значения, соответствующие $\gamma = 0, \gamma = 1, \gamma = 2 \dots$, и выбирать из столбца переменных x_1 стоящие с ними в одной строке значения переменного x_1 . Описанная процедура построения обратного квадрата может быть формализована. При фикси-

рованном x_2 имеем в исходной таблице столбец значений $\gamma: \gamma_0, \gamma_1, \dots, \gamma_{2^k-1}$, а также столбец значений переменного $x_1: 0, 1, 2, \dots, 2^k-1$. Можно рассматривать подстановку $\begin{pmatrix} x_1 \\ \gamma \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & \dots & 2^k-1 \\ \gamma_0 & \gamma_1 & \gamma_2 & \dots & \gamma_{2^k-1} \end{pmatrix}$. Упорядочивая координаты вектора $\gamma = (\gamma_0, \gamma_1, \dots, \gamma_{2^k-1})$ в порядке возрастания, будем иметь набор $\gamma_{i_0}, \gamma_{i_1}, \gamma_{i_2}, \dots, \gamma_{i_{2^k-1}}$. В то же время аналогичная перестановка вектора переменных x_1 очевидно приведет к набору $i_0, i_1, i_2, \dots, i_{2^k-1}$. Таким образом произойдет переход от подстанов-

$$\text{ки } \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & \dots & 2^k-1 \\ \gamma_0 & \gamma_1 & \gamma_2 & \dots & \gamma_{2^k-1} \end{pmatrix} \text{ к } \begin{pmatrix} i_0 & i_1 & i_2 & \dots & i_{2^k-1} \\ \gamma_{i_0} & \gamma_{i_1} & \gamma_{i_2} & \dots & \gamma_{i_{2^k-1}} \end{pmatrix},$$

где $(\gamma_{i_0}, \gamma_{i_1}, \gamma_{i_2}, \dots, \gamma_{i_{2^k-1}}) = (0, 1, 2, \dots, 2^k-1)$.

Заметим, что если рассматривать набор $i_0, i_1, i_2, \dots, i_{2^k-1}$ как подстановку в симметрической группе S_{2^k} , записанную нижней строкой, то эта подстановка является обратной в S_{2^k} для подстановки $\gamma_0, \gamma_1, \dots, \gamma_{2^k-1}$. В самом деле, пусть, например, $\gamma_l = t$, тогда $\gamma_{i_t} = \gamma_l = t$, то есть по подстановке $\gamma_0, \gamma_1, \dots, \gamma_{2^k-1}$ число l переходит в t , в то же время, так как $i_t = l$, то по подстановке $i_0, i_1, i_2, \dots, i_{2^k-1}$ число t переходит в l . Окончательно имеем, что под действием подстановки $(\gamma_0, \gamma_1, \dots, \gamma_{2^k-1})(i_0, i_1, i_2, \dots, i_{2^k-1})$ число l остается на месте. Следовательно, для построения квадрата значений обратной формы $g(x_1, \gamma)$, $h(x_2, \gamma)$ данного полинома двух переменных необходимо заменить столбцы (строки) исходного квадрата на обратные к ним подстановки, записанные нижней строкой.

Покажем, что обратные подстановки обладают тем же свойством что и исходные, то есть сохраняют отношения сравнимости по собственным делителям числа 2^k . Для вектора значений $\gamma_0, \gamma_1, \dots, \gamma_{2^k-1}$ справедливы соотношения $\gamma_j \equiv \gamma_{j+2^l} \pmod{2^l}$, то есть сохраняются отношения сравнимости. Если $\gamma_j = t$, то тогда $i_t = j$ и $\gamma_{i_t} = t$, $\gamma_{j+2^l} = \gamma_j - 2^l = t - 2^l$ и

тогда $i_{t-2^l} = j + 2^l$ или $i_{t-2^l} \equiv i_t \pmod{2^l}$. Таким образом, элементы строки $i_0, i_1, i_2, \dots, i_{2^k-1}$ сохраняют отношения сравнимости по собственным делителям числа 2^k . Это связано с тем, что естественно упорядоченный набор $0, 1, 2, \dots, 2^{k-1}$ также обладает этим свойством, а векторы значений $(\gamma_0, \gamma_1, \dots, \gamma_{2^k-1})$ и $(i_0, i_1, i_2, \dots, i_{2^k-1})$ определены переходом от $\begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & \dots & 2^k-1 \\ \gamma_0 & \gamma_1 & \gamma_2 & \dots & \gamma_{2^k-1} \end{pmatrix}$ к $\begin{pmatrix} i_0 & i_1 & i_2 & \dots & i_{2^k-1} \\ \gamma_{i_0} & \gamma_{i_1} & \gamma_{i_2} & \dots & \gamma_{i_{2^k-1}} \end{pmatrix}$, где $(\gamma_{i_0}, \gamma_{i_1}, \gamma_{i_2}, \dots, \gamma_{i_{2^k-1}}) = (0, 1, 2, \dots, 2^k-1)$.

Остается вопрос сохранения отношений сравнимости в строках обратного квадрата после замены столбцов на обратные к ним подстановки.

Пусть столбец таблицы полинома $f(x_1, x_2)$ над Z_{2^k} , отвечающий некоторому произвольному значению x_2 , записан в виде: $(a_0, a_1, a_2, \dots, a_{2^k-1})$. Пусть также задан переход к обратной подстановке, то есть переход от $\begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & \dots & 2^k-1 \\ a_0 & a_1 & a_2 & \dots & a_{2^k-1} \end{pmatrix}$ к $\begin{pmatrix} a_0^* & a_1^* & a_2^* & \dots & a_{2^k-1}^* \\ 0 & 1 & 2 & \dots & 2^k-1 \end{pmatrix}$. Здесь a_i^* — замена a_i в таблице обратной формы. Видно, что если $a_j = i$, то $a_i^* = j$. Ответ на поставленный вопрос дает теорема 8.

Теорема 8

Пусть полином $f(x_1, x_2)$ задан над Z_{2^k} и $S_f^{(2^k)} \in LP^{(2^k)}$. Тогда отношения сравнимости по собственным делителям числа 2^k в строках квадрата, полученного заменой столбцов исходного квадрата $S_f^{(2^k)} \in$ на обратные подстановки, сохраняются.

Доказательство

Рассмотрим общие принципы перехода от исходного квадрата (табл. 4-а) к квадрату обратной формы (табл. 4-б) в случае замены столбцов на обратные подстановки.

Т а б л и ц а 4 - а

$x_1 \backslash x_2$	...	x_2'	...	x_2''	...
0	...	a_0	...	b_0	...
1	...	a_1	...	b_1	...
...
2^{k-1}	...	$a_{2^{k-1}}$	...	$b_{2^{k-1}}$	...

Т а б л и ц а 4 - б

$\gamma \backslash x_2$	...	x_2'	...	x_2''	...
0	...	a_0^*	...	b_0^*	...
1	...	a_1^*	...	b_1^*	...
...
2^{k-1}	...	$a_{2^{k-1}}^*$	...	$b_{2^{k-1}}^*$	...

Пусть расстояние между рассматриваемыми столбцами x_2', x_2'' , равно 2^{k-1} , то есть $x_2'' - x_2' = 2^{k-1}$. Возьмем элементы столбцов a_0 и $a_{2^{k-1}} = a_0 + 2^{k-1} \pmod{2^k}$, последнее равенство следует из свойства столбца $(a_0, a_1, a_2, \dots, a_{2^{k-1}})$ сохранять отношения сравнимости по модулю 2^{k-1} , а также элементы b_0 и $b_{2^{k-1}} = b_0 + 2^{k-1} \pmod{2^k}$. Согласно правилам перехода от подстановки $\begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & \dots & 2^k - 1 \\ a_0 & a_1 & a_2 & \dots & a_{2^{k-1}} \end{pmatrix}$ к $\begin{pmatrix} a_0^* & a_1^* & a_2^* & \dots & a_{2^{k-1}}^* \\ 0 & 1 & 2 & \dots & 2^k - 1 \end{pmatrix}$, a_0 отвечает позиции нуля в строке $(a_0^*, a_1^*, a_2^*, \dots, a_{2^{k-1}}^*)$, а $a_{2^{k-1}}$ – позиции элемента 2^{k-1} в этой строке, аналогично для b_0 и $b_{2^{k-1}}$. Так как $a_0 \equiv b_0 \pmod{2^{k-1}}$, а также и $a_{2^{k-1}} \equiv b_{2^{k-1}} \pmod{2^{k-1}}$, то $a_0 = b_{2^{k-1}}$ и $a_{2^{k-1}} = b_0$ (в строках исходного квадрата нет повторений). Теперь в преобразованной таблице пусть $0 = a_i^*$, и $0 = b_j^*$. Тогда $a_0 = i$, $b_0 = j$ и если, не ограничивая общности, $b_0 - a_0 = 2^{k-1}$ (возможно $b_0 - a_0 = -2^{k-1}$ и всегда $a_0 \equiv b_0 \pmod{2^{k-1}}$), то $0 = a_i^*$, и $0 = b_{i+2^{k-1}}^*$. Аналогично $2^{k-1} = a_{i+2^{k-1}}^*$, и $2^{k-1} = b_j^*$. Таким образом, связи между элементами исходного квадрата $a_0, a_{2^{k-1}}, b_0$ и $b_{2^{k-1}}$, приводят к тому, что в преобразованной таблице элементы 0 и 2^{k-1} устанавливаются так, что выполняется истинное отношение сравнимости по модулю 2^{k-1} , то есть 0 стоит в

строке напротив 2^{k-1} . Чтобы расставить на свои места сами элементы $a_0, a_{2^{k-1}}, b_0$ и $b_{2^{k-1}}$, необходимо аналогично рассмотреть сравнимые по модулю 2^{k-1} элементы $a_{a_0}, a_{a_{2^{k-1}}} = a_{a_0+2^{k-1}}, b_{b_0}$ и $b_{b_{2^{k-1}}} = b_{b_0+2^{k-1}}$. Теперь видно, что сохраняются отношения сравнимости в строках по модулю 2^{k-1} .

Для перехода к общему случаю сохранения отношения сравнимости в строках по модулю $2^l, 1 \leq l \leq k-1$ будем полагать расстояние между рассматриваемыми столбцами x_2', x_2'' , равным 2^l . Выберем элементы исходных столбцов

$$a_0, a_{2^l} = a_{0+2^l} = a_0 + 2^l \cdot k_1^{(a)}, a_{2 \cdot 2^l} = a_0 + 2^l \cdot k_2^{(a)}, \dots,$$

$$a_{(2^{k-l}-1) \cdot 2^l} = a_0 + 2^l \cdot k_{2^{k-l}-1}^{(a)},$$

а также элементы

$$b_0, b_{2^l} = b_0 + 2^l \cdot k_1^{(b)}, b_{2 \cdot 2^l} = b_0 + 2^l \cdot k_2^{(b)}, \dots,$$

$$b_{(2^{k-l}-1) \cdot 2^l} = b_0 + 2^l \cdot k_{2^{k-l}-1}^{(b)}.$$

Здесь все $k_i^{(a)}$ – различные между собой по модулю 2^{k-l} целые числа. Соответственно все $k_i^{(b)}$ также принадлежат кольцу целых чисел и различны между собой по модулю 2^{k-l} . Переход от подстановки $\begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & \dots & 2^k - 1 \\ a_0 & a_1 & a_2 & \dots & a_{2^{k-1}} \end{pmatrix}$ к $\begin{pmatrix} a_0^* & a_1^* & a_2^* & \dots & a_{2^{k-1}}^* \\ 0 & 1 & 2 & \dots & 2^k - 1 \end{pmatrix}$ производится, как и раньше, упорядочиванием нижней строки. Заметим, что как множества $\{a_0, a_{2^l}, a_{2 \cdot 2^l}, \dots, a_{(2^{k-l}-1)2^l}\} = \{b_0, b_{2^l}, b_{2 \cdot 2^l}, \dots, b_{(2^{k-l}-1)2^l}\}$. Это следует из справедливых в исходном квадрате сравнений $a_i \equiv b_i \pmod{2^l}, 0 \leq i \leq 2^k - 1$ и из того, что каждое из множеств

$$\{a_0, a_{2^l}, a_{2 \cdot 2^l}, \dots, a_{(2^{k-l}-1)2^l}\},$$

$$\{b_0, b_{2^l}, b_{2 \cdot 2^l}, \dots, b_{(2^{k-l}-1)2^l}\}$$

совпадает с одним из классов сравнимых по модулю 2^l элементов, то есть каждое из этих множеств совпадает с одним и тем же классом сравнимых по модулю 2^l элементов. Элементы этого класса стоят в столбцах \bar{a}, \bar{b}

друг напротив друга, на расстояниях, кратных 2^l , некоторым образом перемешанные относительно естественного порядка согласованно с выполнением других, помимо сравнимости по модулю 2^l , отношений сравнимости в столбцах, причем никогда не выполняется равенство $a_i = b_i$, $0 \leq i \leq 2^k - 1$. Преобразование, представленное выше, означает, например, для столбца \bar{a} , смещение всех элементов класса $[0] = \{0, 2^l, 2 \cdot 2^l, 3 \cdot 2^l, \dots\}$ при переходе к вектору $(a_0^*, a_1^*, a_2^*, \dots, a_{2^k-1}^*)$ от вектора $(0, 1, 2, \dots, 2^k - 1)$ на фиксированную константу a_0 и последующее «перемешивание» элементов класса $[0, 2^l, 2 \cdot 2^l, 3 \cdot 2^l, \dots]$ в соответствии со значениями $k_i^{(a)}$. Аналогичное замечание справедливо для столбца \bar{b} . Например, чтобы найти в векторе $(a_0^*, a_1^*, a_2^*, \dots, a_{2^k-1}^*)$ все элементы класса $[0, 2^l, 2 \cdot 2^l, 3 \cdot 2^l, \dots]$ необходимо отсчитать от начала этого вектора a_0 шагов, взять этот элемент и дальше с шагом 2^l выбирать циклически элементы вектора до первого повторения. Номер шага появления конкретного элемента $c \cdot 2^l$ определяется значением $k_c^{(a)} \pmod{2^{k-l}}$. Далее, в силу сравнения $c \equiv a_0 \equiv b_0 \pmod{2^l} : 0 \leq c \leq 2^l - 1$, преобразования класса $[0, 2^l, 2 \cdot 2^l, 3 \cdot 2^l, \dots]$ для столбцов \bar{a}, \bar{b} можно рассматривать как сдвиг на

константу c и некоторое перемешивание внутри класса (для каждого столбца свое). В этом случае в полученных векторах \bar{a}^*, \bar{b}^* нигде не выполняется равенство $a_i^* = b_i^*$. Действительно, пусть $a_i^* = b_i^* = t$ для некоторого i . Но тогда, так как найдутся $k_1, k_2 : a_{k_1} = b_{k_2} = i$, то $a_i^* = k_1, b_i^* = k_2$ и, следовательно, $k_1 = k_2, a_{k_1} = b_{k_1} = i$, то есть в строке исходного квадрата нашлись два одинаковых элемента, что противоречит его структуре.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ (НШ-2358.2003.9)

Список литературы

1. Глухов М.М., Ремизов А.Б., Шапошников В.А. Обзор по теории k -значных функций (часть 1) – М., в/ч 33965, 1988 г., С. 79–104.
2. Нечаев А.А. Полиномиальные преобразования конечных коммутативных колец главных идеалов. // Мат. заметки. – 1980. – Т. 27. – Вып. 6. – С. 85–99.
3. Виноградов И.М. Основы теории чисел. – М.: Наука, 1981.
4. Шеннон К. Теория связи в секретных системах. В сб. К. Шеннон. Работы по теории информации и кибернетике. – М.: ИЛ. – 1963. – С. 333–369.
5. Кострикин А.И. Введение в алгебру. – Ч. 3 Основные структуры алгебры. – М.: Физико-математическая литература, 2000.
6. Яблонский С.В. Введение в дискретную математику. – М.: Высшая школа, 2001.
7. Нефедов В.Н., Осипова В.А. Курс дискретной математики. – М.: Изд-во МАИ, 1992.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМА БАЛАША ДЛЯ НАХОЖДЕНИЯ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА

Н.В. АНАШКИНА, *сотрудник объединения (ТВП), Москва*

В статье исследуется поведение алгоритма Балаша для нахождения решения системы линейных булевых ограничений специального вида. Приведены оценки трудоемкости алгоритма.

В процессе решения различных практических задач часто возникает по-

требность в решении систем линейных ограничений вида

$$\begin{aligned} a_{11} \cdot x_1 + a_{12} \cdot x_2 + \dots + a_{1n} \cdot x_n &\leq b_1 \\ &\vdots \\ a_{m1} \cdot x_1 + a_{m2} \cdot x_2 + \dots + a_{mn} \cdot x_n &\leq b_m, \end{aligned} \quad (1)$$

{ {

где: a_{ij}, b_i – целые числа,
 $x_j \in \{0,1\}, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$

Существуют различные алгоритмы решения данной системы [2, 3]. Одним из них является алгоритм Балаша. Он относится к методам ветвей и границ и предназначен для решения задач целочисленного программирования с булевыми переменными [1, 2, 4].

Определение 1

Невязкой неравенства $a_1x_1 + \dots + a_nx_n \leq b$ в точке $x^0 = (x_1^0, \dots, x_n^0)$ называется число

$$b - \sum_{i=1}^n a_i, \text{ если } b - \sum_{i=1}^n a_i < 0$$

Опротивном случае.

$$\rho = \{$$

Определение 2

Невязкой системы неравенств (1) в точке $x^0 = (x_1^0, \dots, x_n^0)$ называется число

$$\rho = \sum_{i=1}^m \rho_i,$$

где ρ_i -невязка i -го неравенства.

Алгоритм Балаша представляет собой итеративный процесс решения задачи (1). В качестве начального приближения x^0 берется вектор $(0,0,\dots,0)$. Затем рассматриваются все вектора, отличающиеся от данного одной координатой, и вычисляется невязка системы. В качестве второго приближения выбирается вектор, дающий меньшую невязку из всех опробуемых векторов и такой, что $\rho_{j0} > \rho_0$ (где $\rho_0 = \sum_{b_i > 0} b_i$).

Процесс продолжается до тех пор, пока не получим решения (нулевую невязку), или не попадем в тупиковую ситуацию. В этом случае опробование всех векторов, отличающихся от полученного на предыдущем шаге одной ненулевой координатой, не приводит к уменьшению невязки. Это при-

водит к увеличению числа опробуемых векторов и, в худшем случае, к их тотальному перебору.

Все известные исследования поведения алгоритма Балаша проводились для задач линейного программирования [2, 3]. Проблемы, связанные с тупиковыми точками, остаются при этом открытыми. В.П. Гришухину [1] удалось для случая

$$c_j > \sum_{j_1=j+1}^n c_{j_1} > 0 \text{ для произвольного } j \text{ и при}$$

соотношении $A_1 > A_2 > \dots > A_n$ между элементами столбцов получить асимптотические оценки среднего числа итераций $O((m/n)2^{n-m+1})$ при $n \rightarrow \infty$, $O(n + 1)$ при $m \rightarrow \infty$.

Важно отметить, что для достаточно широкого класса систем (1) эмпирические оценки сложности решения полиномиальны. Существует классы систем при нахождении решения которых не возникает тупиковых ситуаций. Для них удалось получить линейную оценку трудоемкости работы алгоритма. Прежде чем говорить о таких классах систем, введем понятие монотонного шага алгоритма Балаша.

Определение 3

Назовем i -ый шаг алгоритма Балаша монотонным, если все неравенства, выполняющиеся на предыдущем шаге, выполняются и на $(i+1)$ шаге.

Определение 4

Назовем систему (1) монотонной относительно алгоритма Балаша, если все шаги алгоритма при нахождении решения являются монотонными.

Частным случаем монотонной системы является система с матрицей, удовлетворяющая свойству

$$\text{sign}(a_{ij}) = \text{const} \tag{2}$$

при фиксированном j и произвольном i .

Для класса таких систем справедливо следующее утверждение.

Утверждение 1

Если матрица системы (1) обладает свойством (2), то она является монотонной относительно алгоритма Балаша.

Доказательство

Очевидно, что путем инвертирования переменных систему (1) при условии (2) можно свести к системе с неотрицательной матрицей A и правой частью b

$$Ax \geq b \quad (3)$$

Покажем, что система (3) будет являться монотонной. Пусть x – приближение решения на k -ом шаге, и первые p неравенств выполняются. Покажем, что они будут выполняться и на $k + j$ при любом j . В силу неотрицательности коэффициентов матрицы $A_{n \times n}$ для любого $k+j$ приближения

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_{j1}^{k+j} \geq \sum_{j=1}^n a_{ij} x_{j1}^k \geq b_i, \quad i = \overline{1, p},$$

где x^{k+j} , x^k – $k+j$ и k – приближения решения, соответственно. Утверждение доказано.

Утверждение 2

Если система (1) совместна, а матрица A удовлетворяет условиям (2), то при нахождении решения алгоритмом Балаша не возникает тупиковых ситуаций, и число шагов равно $O(n)$.

Доказательство

Согласно предыдущему доказательству система (1) при условиях (2) приводится к виду (3) и является монотонной. Для доказательства утверждения достаточно показать, что невязка не будет возрастать на каждом шаге. Пусть на k -ом шаге x^0 приближение решения, а невязка равна

$$-b_i + \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j^0, \text{ если } b_i - \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j^0 \leq 0$$

Обпротивномслучае.

$$\rho^k = \sum_{i=1}^m \rho_i^k, \rho_i^k = \{$$

Покажем, что $\rho^{k+1} \leq \rho^k$.

В силу положительности коэффициентов и монотонности системы

$$\rho^{k+1} = \sum_{i=1}^m \rho_i^{k+1} \leq \sum_{i=1}^m \rho_i^k = \rho^k.$$

Мы показали, что невязка в данном случае не возрастает от шага к шагу и тупиковых ситуаций не возникает. Алгоритм находит решение за число шагов, не превышающее n . Утверждение доказано.

Рассмотрим еще один класс совместных систем, таких, что

$$|a_{ij}| < |b_i| \quad (5)$$

для произвольных j при фиксированном i .

Утверждение 3

Пусть система (1) совместна и обладает свойством (5). Тогда вершина $(0, \dots, 0)$ не является тупиковой точкой.

Доказательство

Пусть система (1) обладает свойством (5). При этом без ограничения общности будем считать, что $\rho_0 > 0$ в точке $(0, \dots, 0)$; в противном случае эта точка является решением задачи и алгоритм заканчивает работу.

Неувязка в точке $x^0 = (0, \dots, 0)$ равна

$$\rho^0 = - \sum_{b_j < 0} b_j$$

По условию $|a_{ij}| < |b_i|$ при любых i и j и, следовательно, $\text{sign}(b_j) = \text{sign}(b_j - a_{ij})$.

Предположим, что алгоритм попал в тупиковую ситуацию, то есть для любых j

$$\sum_{b_j < 0} b_j \leq \sum_{b_j < 0} (b_j - a_{ij}) = \sum_{b_j < 0} b_j - \sum_{b_j < 0} a_{ij}.$$

Отсюда $\sum_{b_j < 0} a_{ij} > 0$. Просуммировав неравенства с

номерами I такими, что $b_i < 0$, получим

$$\left(\sum_{b_i < 0} a_{i1} \right) \cdot x_1 + \dots + \left(\sum_{b_i < 0} a_{in} \right) \cdot x_n \leq \sum_{b_i < 0} b_i < 0.$$

Данное неравенство решений не имеет, что приводит нас к противоречию. Утверждение доказано.

Утверждение 4

Если система (1) совместна и имеет решение x , то любая подсистема, получен-

ная путем фиксации любых переменных, в соответствии с x , является совместной. Если при этом (1) имеет единственное решение, то подсистема также будет иметь единственное решение.

Утверждение 5

Если на k шагах алгоритма единицы расставлены верно, то на $k + 1$ шаге при выполнении условий (5) алгоритм Балаша не попадает в тупиковую ситуацию.

К сожалению, при решении произвольной системы неравенств не удастся избежать тупиковых ситуаций. Число итераций алгоритма, а следовательно, и время решения зависят от количества встретившихся тупиковых точек. Естественно, что всевозможные модификации алгоритма должны тем или иным способом вести к уменьшению их количества. Одним из вариантов возможных модификаций является изменение критерия выбора приоритетного направления, то есть изменение способа подсчета невязки.

Определение 5

Нормированной невязкой неравенства $a_1x_1 + \dots + a_nx_n \leq b$ в точке $x^0 = (x_1^0, \dots, x_n^0)$ называется число

$$\frac{b - \sum_{i=1}^n a_i x_i^0}{\sqrt{\sum_{i=1}^n a_i^2}}, \text{ если } b - \sum_{i=1}^n a_i x_i^0 < 0$$

0 в противном случае

$$\rho = \{$$

Определение 6

Нормированной невязкой системы (1) в точке $x^0 = (x_1^0, \dots, x_n^0)$ назовем число

$$\rho^* = \sum_{i=1}^m \rho^i, \text{ где } \rho^i - \text{невязка } i\text{-го неравенства}$$

системы.

Приведем пример, когда использование нормированной невязки позволяет

избежать попадания в тупиковую ситуацию. Рассмотрим систему неравенств

$$2x_1 + 2x_2 - 2x_3 \geq 0$$

$$2x_1 - 2x_2 + 2x_3 \geq 0$$

$$-2x_1 + 2x_2 + 2x_3 \geq 0$$

$$x_1 + x_2 + x_3 \geq 1$$

Очевидно, что $\rho_0 = 1, \rho_{(1,0,0)} = \rho_{(0,1,0)} = \rho_{(0,0,1)} = 2$ и алгоритм попадает в тупиковую ситуацию. С применением нормированной невязки получаем $\rho_0 = \rho_{(1,0,0)} = \rho_{(0,1,0)} = \rho_{(0,0,1)} = 1/\sqrt{3}$, то есть на данном шаге тупиковой точки не будет. Данный подход к изменению подсчета невязки является эвристическим и может применяться лишь как возможный выход из тупиковой ситуации.

Возвращаясь к исходной постановке задачи, необходимо отметить, что для возможности решения ее с полиномиальной сложностью достаточно выделить из исходной системы (1) монотонную подсистему. Найденное решение подсистемы позволит сократить размерность исходной задачи.

В заключении отметим, что описанные выше классы систем возникают достаточно часто при решении задач в сфере экономики. В случае применения алгоритма Балаша для нахождения решения системы (1) выполняется не более n шагов.

Список литературы

1. Гришухин В.П. Среднее число итераций в алгоритме Балаша. // Сб. статей. Численные методы в линейном программировании. – М.: – Наука. – 1973. – С. 31–38.
2. Кофман А., Анри-Лабордер А. Методы и модели исследования операций – М: Мир.– 1977. – 432 с.
3. Анашкина Н.В. Обзор методов решения систем линейных неравенств // Вестник московского университета леса – Лесной вестник. – № 1(32) 2004. – С. 144–148.
4. Balas E. An additive algorithm for solving linear programs with zero-one variables.//Operat. Res.- 1965.-v.13.-n 4. –p. 517-546.

О КЛАССЕ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ, ПРЕДСТАВИМЫХ В ВИДЕ ПРОИЗВЕДЕНИЯ ФУНКЦИЙ ОТ ДВУХ ПЕРЕМЕННЫХ

П.В. РОЛДУГИН, *сотрудник объединения «ТВП»*,
 А.В. ТАРАСОВ, *сотрудник объединения «ТВП»*

Решение систем булевых уравнений является одной из самых актуальных задач дискретной математики. Эта актуальность обуславливается существованием огромного количества приложений в практических вопросах, связанных, в частности, с проблемами эффективного планирования производства, разработкой механизмов или обработкой экспериментальных данных.

Если рассматривать проблему распознавания совместности системы булевых уравнений с точки зрения теории NP -полноты, то основным результатом здесь является теорема разделимости, впервые доказанная в работе Шеффера [14]. Пусть F – любое конечное число булевых функций. Теорема разделимости гласит, что задача распознавания совместности конечной системы булевых уравнений

$$\{f_j(x_{s_{j1}}, \dots, x_{s_{jk}}) = 1, j = \overline{1, m},$$

построенной над множеством F (то есть $\{f_j, j = \overline{1, m}\} \subset F$), является полиномиальной, если набор F целиком лежит в одном из так называемых классов Шеффера; в противном случае указанная задача является NP -полной. Классами Шеффера являются: множество A всех мультиаффинных функций (то есть

$$f(x_1, \dots, x_n) = \&_{i=1}^t (\alpha_{i1}x_1 \oplus \dots \oplus \alpha_{in}x_n \oplus \alpha_{i0}),$$

$\alpha_{ij} \in \{0, 1\}, i \in \overline{1, t}, j \in \overline{0, n}$); множество Bi всех

бионктивных функций ($f = \&_{i=1}^t (x_{s_{i1}}^{\alpha_{i1}} \vee x_{s_{i2}}^{\alpha_{i2}})$, $\alpha_{ij} \in \{0, 1\}, i \in \overline{1, t}, j \in \{1, 2\}$); WP – все слабоположительные функции

$$(f = \&_{i=1}^t (x_{s_{i1}}^{\alpha_{i1}} \vee x_{s_{i2}}^{\alpha_{i2}} \vee \dots \vee x_{s_{ik_i}}^{\alpha_{ik_i}}), \alpha_i \in \{0, 1\}, i \in \overline{1, t});$$

WN – все слабоотрицательные функции ($f = \&_{i=1}^t (x_{s_{i1}}^{\alpha_{i1}} \vee \bar{x}_{s_{i2}}^{\alpha_{i2}} \vee \dots \vee \bar{x}_{s_{ik_i}}^{\alpha_{ik_i}})$, $\alpha_i \in \{0, 1\}, i \in \overline{1, t}$); множество 0-выполнимых функций ($f(0, \dots, 0) = 1$); множество 1-выполнимых функций ($f(1, \dots, 1) = 1$). Последние два класса не являются достаточно содержательными, поскольку они порождают тривиальные решения системы. Класс A мультиаффинных функций достаточно подробно изучается в линейной алгебре. Оставшиеся три класса (Bi, WP и WN) рассматриваются, например, в работах [2, 3, 4, 10]. В данной статье приведен обзор результатов, полученных при изучении свойств класса Bi бионктивных функций. Отметим, что поскольку все функции от двух и менее переменных являются бионктивными [2], то класс бионктивных функций есть класс функций, представимых в виде произведения функций от двух или менее переменных.

По причине ограниченного объема в обзор входят только результаты алгебраического и комбинаторного характера. Большое количество свойств вероятностного характера (приближение булевых функций бионктивными статистическими аналогами, решение случайных бионктивных систем и так далее) остается за рамками статьи. Заинтересованному читателю можно рекомендовать работы [11, 13].

Используем следующие обозначения. Множество двоичных n -мерных векторов обозначим через B_n ; множество выполняющих векторов булевой функции f запишем как E_f операцию конъюнкции от двух булевых переменных и операцию покоординатной конъюнкции двух n -мерных векторов обозначим одним из символов «&», «^», «·».

1. Критерий биюнктивности. Сложность задачи распознавания биюнктивности. Полиномиальная разрешимость биюнктивных систем

В работе [3] доказан следующий критерий биюнктивности булевой функции:

Факт 1.1. *Функция $f(x_1, \dots, x_n)$ является биюнктивной, если и только если для любых трех выполняющих векторов этой функции $\{\alpha, \beta, \gamma\} \subset E_f$ справедливо свойство:*

$$((\alpha \& \beta) \oplus (\alpha \& \gamma) \oplus (\beta \& \gamma)) \in E_f.$$

В работе [4] исследована задача распознавания биюнктивности булевых функций при задании их различными формулами.

Факт 1.2. *Задача распознавания биюнктивности булевых функций, заданных в виде СКНФ, СДНФ или многочленом Жегалкина, является полиномиальной, а задача распознавания биюнктивности булевой функции, заданных произвольными КНФ или ДНФ, является NP-полной.*

В работе [3] введено понятие полиномиально решаемого класса систем уравнений. Класс систем уравнений R называется полиномиально решаемым, если задача определения совместности системы из R полиномиальна и, кроме того, существуют такие алгоритм D и полином $p(n)$, что для всякой совместной системы $S \in R$ алгоритм D последовательно, без повторений находит все решения системы S , причем сложность получения первого и каждого последующего решения после предыдущего, а также требуемый для работы алгоритма объем памяти не превосходят $p(len(S))$, где $len(S)$ – длина записи системы S . Например, полиномиально решаемым классом является класс систем линейных булевых уравнений.

Факт 1.3. *Класс систем биюнктивных уравнений, при записи функций в виде ДНФ или в виде многочлена Жегалкина, является полиномиально решаемым.*

Алгоритм перечисления всех решений системы биюнктивных уравнений приведен в [12]. Показано, что сложность построения

первого и каждого последующего решения составляет величину порядка $O(n^2)$, где n – число неизвестных системы.

2. Мощность класса биюнктивных функций и пересечение этого класса с другими классами Шефера

Классы мультиаффинных, биюнктивных, слабо положительных и слабо отрицательных функций, зависящих от n переменных, будем обозначать соответственно через $A(n)$, $Bi(n)$, $WP(n)$, $WN(n)$. Положим теперь $b(n) = |Bi(n)|$.

Факт 2.1. *Верны следующие оценки:*

$$2^{\frac{n(n-1)}{2}} < b(n) < 2^{n^2}.$$

Выше упоминалось, что все булевы функции от 2-х переменных являются биюнктивными. Поэтому $b(2) = 16$. В статье С.А. Гизунова и В.А. Носова [2] найдены все биюнктивные функции, зависящие от 3-х и 4-х переменных; получены значения $b(3) = 166$, $b(4) = 4170$.

В работе [3] описаны все дважды биюнктивные функции. Булева функция $f(x_1, \dots, x_n)$ называется дважды биюнктивной, если $f(x_1, \dots, x_n) \in Bi$ и $f(x_1, \dots, x_n) \oplus 1 \in Bi$. Класс дважды биюнктивных функций обозначим через $2Bi$. Две булевы функции f и g назовем геометрически эквивалентными, если одна получается из другой с помощью перестановки переменных, навешивания отрицаний на переменные и инверсии всей функции.

Факт 2.2. *Класс дважды биюнктивных функций имеет следующую структуру:*

1) *в класс $2Bi$ входят все булевы функции от двух переменных;*

2) *из булевых функций от трех переменных в класс $2Bi$ входят только функции, геометрически эквивалентные функциям*

$$x_1(x_2 \vee x_3), (x_1 \vee x_2)(x_1 \vee x_3)(x_2 \vee x_3), (x_1 \vee x_2)(\bar{x}_1 \vee x_3);$$

3) *из булевых функций от четырех переменных в класс $2Bi$ входят только функции, геометрически эквивалентные функциям*

$(x_1 \vee x_2)(x_3 \vee x_4), (x_1 \vee x_2)(x_2 \vee x_3)(x_3 \vee x_4)$;

4) функции от пяти и более переменных не входят в класс $2Bi$.

В работе [4] рассмотрены пересечения класса биюнктивных функций с другими классами A, WP, WN . Положим

$$M_1 = A \cap WP, M_2 = A \cap Bi, M_3 = WP \cap WN, \\ M_4 = Bi \cap WP, M_5 = Bi \cap WN.$$

Факт 2.3. Верны соотношения:

$$M_1 = A \cap WP = A \cap WN = A \cap WP \cap WN = \\ = A \cap Bi \cap WP = A \cap Bi \cap WN = \\ = A \cap Bi \cap WP \cap WN \\ M_3 = WP \cap WN = Bi \cap WP \cap WN.$$

Факт 2.4. Верны следующие утверждения:

1) Функция $f(x_1, \dots, x_n)$ лежит в классе M_1 тогда и только тогда, когда она представима в виде:

$$f \equiv \left(\bigwedge_{i=1}^{t_1} x_{s_i}^{a_i} \right) \wedge \left(\bigwedge_{i=t_1+1}^t (x_{s_{i1}} \oplus x_{s_{i2}} \oplus 1) \right),$$

2) $f(x_1, \dots, x_n) \in M_2$ тогда и только тогда, когда

$$f \equiv \left(\bigwedge_{i=1}^t (a_{i1}x_{s_{i1}} \oplus a_{i2}x_{s_{i2}} \oplus a_{i3}) \right),$$

3) $f(x_1, \dots, x_n) \in M_3$ тогда и только тогда, когда

$$f \equiv \left(\bigwedge_{i=1}^{t_1} x_{s_i}^{a_i} \right) \wedge \left(\bigwedge_{i=t_1+1}^t (x_{s_{i1}} \vee \bar{x}_{s_{i2}}) \right),$$

4) $f(x_1, \dots, x_n) \in M_4$ тогда и только тогда, когда

$$f \equiv \left(\bigwedge_{i=1}^{t_1} x_{s_i}^{a_i} \right) \wedge \left(\bigwedge_{i=t_1+1}^t (x_{s_{i1}}^{a_{i1}} \vee x_{s_{i2}}) \right),$$

5) $f(x_1, \dots, x_n) \in M_5$ тогда и только тогда, когда

$$f \equiv \left(\bigwedge_{i=1}^{t_1} x_{s_i}^{a_i} \right) \wedge \left(\bigwedge_{i=t_1+1}^t (x_{s_{i1}}^{a_{i1}} \vee \bar{x}_{s_{i2}}) \right).$$

Таким образом, все функции, лежащие в любых пересечениях классов A, Bi, WP, WN , являются биюнктивными. Остановимся на оценках мощностей введенных классов функций, зависящих от n переменных. Положим $m_i(n) = |M_i(n)|$, $i = 1, 2, \dots, 5$. В [4] приведены формулы для значений

$m_1(n), m_2(n)$, выражающие значения указанных чисел через числа Стирлинга 2-го рода и числа Белла. Кроме того, получены оценки для значений $m_i(n)$, $i = 1, 2, \dots, 5$.

Факт 2.5. Верны неравенства:

$$2^{\frac{n}{2}(\log_2 n - \log_2 e)} < m_1(n) < 2^{(n+1)\log_2(n+1)+n}, \\ m_2(n) < 2^{(n+1)\log_2(n+1)+2n}, \\ 2^{\frac{(n^2 - n \log_2 n)}{4}} < m_3(n) < 2^{\frac{n^2}{2} + 2n \log_2 n + 3n}, \\ 2^{\frac{n(n-1)}{2}} < m_i(n) < 2^{n^2}, \quad i = 4, 5.$$

3. Представление биюнктивных функций графами. Минимизация биюнктивных функций

Пусть булева биюнктивная функция $f(x_1, \dots, x_n)$ задана в виде 2-КНФ:

$$f(x_1, \dots, x_n) = \bigwedge_{i=1}^t (x_{s_{i1}}^{\alpha_{i1}} \vee x_{s_{i2}}^{\alpha_{i2}}). \quad (3.1)$$

Аналогично работам [7, 10] определим ориентированный граф $G = (V, E)$, связанный с этой 2-КНФ:

$$V = \{x_1, \dots, x_n, \bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n\}, \\ E = \left\{ (x_{s_{i1}}^{\alpha_{i1}}, x_{s_{i2}}^{\alpha_{i2}}), (x_{s_{i2}}^{\alpha_{i2}}, x_{s_{i1}}^{\alpha_{i1}}), i = 1, \dots, t \right\}. \quad (3.2)$$

Заметим, что такое определение графа существенным образом связано со структурой 2-КНФ и является достаточно естественным. Наглядная трактовка графа 2-КНФ состоит в следующем. Под импликацией понимается булева функция $x \rightarrow y = \bar{x} \vee y$ от 2-х переменных. Очевидно, что $x \vee y = \bar{x} \rightarrow y = y \rightarrow x = (\bar{x} \rightarrow y)(y \rightarrow x)$. Дуги графа 2-КНФ можно интерпретировать, как импликации, соответствующие элементарным дизъюнкциям 2-КНФ.

Переход от рассмотрения биюнктивной функции к рассмотрению ее графа 2-КНФ позволяет использовать аппарат теории графов. Особенно ярко это проявляется при изучении вопроса о минимизации биюнктивной функции, то есть нахождении ее 2-КНФ с минимальным значением длины, то есть числа сомножителей вида $(x_{s_{i1}}^{\alpha_{i1}} \vee x_{s_{i2}}^{\alpha_{i2}})$.

Напомним, что транзитивным замыканием орграфа без петель и кратных дуг называется орграф, содержащий в качестве подграфа исходный граф и все дуги, от начал к концам всех путей исходного графа. Назовем два орграфа транзитивно эквивалентными, если совпадают их транзитивные замыкания. Введенное отношение является отношением эквивалентности и разбивает все множество графов с заданным множеством вершин на классы эквивалентности. Класс эквивалентности графа G будем обозначать через $[G]$. Через $M(G)$ обозначим множество графов из $[G]$, имеющих минимальное число дуг.

Факт 3.1. Пусть биективная функция f задана 2-КНФ (3.1), а G – ее граф, заданный в (3.2). Тогда:

1. Множество графов $H=(V, E_H)$ из $[G]$ со свойством:

$$(u, v) \in E_H \Leftrightarrow (\bar{u}, \bar{v}) \in E_H \quad (3.3)$$

задает все 2-КНФ, реализующие функцию f .

2. Графы из $M(G)$ со свойством (3.3) задают все минимальные 2-КНФ функции f .

Отметим следующее свойство графа 2-КНФ. Если $Y = \{x_{i1}, \dots, x_{in}, \bar{x}_{i1}, \dots, \bar{x}_{in}\}$ его компонента сильной связности, то $\bar{Y} = \{\bar{x}_{i1}, \dots, \bar{x}_{in}, x_{i1}, \dots, x_{in}\}$ также компонента сильной связности.

Факт 3.2. Пусть G – граф некоторой минимальной 2-КНФ биективной функции f , имеющий сильно связные компоненты $Y_1, \dots, Y_m, \bar{Y}_1, \dots, \bar{Y}_m$. Тогда число минимальных 2-КНФ функции f равно

$$m(f) = (|Y_1| - 1)! \cdot \dots \cdot (|Y_m| - 1)! \prod |Y_i| \cdot |Y_j|,$$

где произведение берется по таким i и j , для которых в графе G существует дуга из Y_i в Y_j или из Y_j в Y_i . В частности, если граф бесконтурный, то минимальная 2-КНФ единственная.

В работе [10] предложен алгоритм построения минимальной 2-КНФ биективной функции $f(x_1, \dots, x_n)$ со сложностью $O(n^3)$.

4. Эквивалентность функций относительно групп преобразований векторов

Пусть G – некоторая группа подстановок на множестве B_n . Две булевы функции $f(x_1, \dots, x_n)$ и $f_2(x_1, \dots, x_n)$ называются эквивалентными относительно группы G , если существует такая подстановка $\sigma \in G$, что для любого двоичного вектора $(\alpha_1, \dots, \alpha_n)$ верно равенство $f_1(\alpha_1, \dots, \alpha_n) = f_2(\sigma(\alpha_1, \dots, \alpha_n))$. Если для любой биективной функции $f(x_1, \dots, x_n)$ все эквивалентные ей относительно группы G функции также биективны, то скажем, что группа G является группой инвариантных преобразований класса $Bi(n)$ всех биективных функций от n переменных. Очевидно, что группами инвариантных преобразований класса $Bi(n)$ являются, например, следующие группы:

1) $S_n = \{ \sigma : \sigma(\alpha_1, \dots, \alpha_n) = (\alpha_{i_1}, \dots, \alpha_{i_n}), i_k \neq i_j \text{ при } k \neq j \}$ – все подстановки, реализующиеся перестановкой координат;

2) $\Sigma_n = \{ \sigma : \sigma(\alpha_1, \dots, \alpha_n) = (\alpha_1 \oplus \beta_1, \dots, \alpha_n \oplus \beta_n), \beta_i \in \{0, 1\}, i = \overline{1, n} \}$ – подстановки, реализуемые сдвигом на фиксированный вектор;

3) $Q_n = \langle S_n, \Sigma_n \rangle$ – эту группу иногда называют группой Джевонса. Отметим, что группы S_n и Σ_n перестановочны, то есть $S_n \circ \Sigma_n = \Sigma_n \circ S_n$ и, следовательно, группа Джевонса равна $Q_n = \{ \sigma_1 \circ \sigma_2 : \sigma_1 \in S_n, \sigma_2 \in \Sigma_n \}$.

Группа Джевонса максимальна среди всех групп инвариантных преобразований класса $Bi(n)$. Более точно верен следующий факт.

Факт 4.1. При $n \geq 3$ любая группа инвариантных преобразований класса $Bi(n)$ есть подгруппа в группе Q_n .

Напомним, что задачи из класса NP , полиномиально сводимые друг к другу, называются полиномиально эквивалентными.

Факт 4.2. Задача проверки эквивалентности биективных функций, заданных произвольными 2-КНФ, относительно преобразований групп S_n и Q_n полиномиально эквивалентна задаче распознавания изомор-

физма графов. Задача проверки эквивалентности биективных функций, заданных произвольными 2-КНФ, относительно преобразований группы Σ_n полиномиальна.

В статье [12] предложен следующий индуктивный способ описания классов эквивалентности множества $Bi(n)$.

Факт 4.3. Пусть $n \geq 2$ и разбиение множества $Bi(n-1)$ на классы эквивалентности относительно группы Джевонса имеет вид $Bi(n-1) = [g_1] \cup \dots \cup [g_m]$, где $[g_i] \neq [g_j]$ при $i \neq j$. Тогда для множества $Bi(n)$ справедлива формула:

$$Bi(n) = [g_1] \cup \dots \cup [g_m] \cup [x_n \cdot g_1] \cup \dots \cup [x_n \cdot g_m] \cup \left(\bigcup_{i=1}^{n-1} \bigcup_{j=1}^m [(x_n \oplus x_i) \cdot g_j] \right) \cup \left(\bigcup_{j=1}^m \bigcup_{k=1}^{n-1} \bigcup_{1 < i_1 < \dots < i_k < n-1} \bigcup_{\alpha_1, \dots, \alpha_k} \left[\& (x_{i_1}^{\alpha_1} \vee x_n) \cdot g_j \right] \right),$$

где среди перечисленных классов не обязательно все различные.

Также в [12] предложен алгоритм генерации представителей классов эквивалентности биективных функций от n переменных со сложностью $O(2^{2n^2})$.

5. Стрoение групп инерции биективных функций относительно групп Q_n, S_n и Σ_n

В обозначениях предыдущего параграфа назовем группой инерции $J_G(f)$ булевой функции $f(x_1, \dots, x_n)$ относительно группы подстановок G на множестве B_n совокупность подстановок из G , не меняющих функцию f , то есть

$$J_G(f) = \left\{ \sigma \in G : \forall (\alpha_1, \dots, \alpha_n) \in B_n \ f(\alpha_1, \dots, \alpha_n) = f(\sigma(\alpha_1, \dots, \alpha_n)) \right\}.$$

Пусть биективная функция f задана 2-КНФ (3.1), причем эта 2-КНФ является сокращенной. Пусть далее $G = (V, E)$ – граф, связанный с этой 2-КНФ. Группа Q_n действует на множестве B_n и существует очевидный изоморфизм θ этой группы в подгруппу \tilde{Q}_n группы автоморфизмов графа G (обозначаемую, как $Aut G$).

Факт 5.1. Изоморфный образ группы инерции $J_{Q_n}(f)$ при изоморфизме θ имеет следующий вид:

$$\tilde{J}_{Q_n}(f) = \left\{ g \in Aut G : \forall u \in V \ g(\bar{u}) = \overline{g(u)} \right\} = \tilde{Q}_n \cap Aut G.$$

Изоморфный образ группы инерции $J_{S_n}(f)$ при изоморфизме θ имеет следующий вид:

$$\tilde{J}_{S_n}(f) = \left\{ g \in Aut G : \forall x_i \in V \ g(x_i) = x_j \text{ и } \forall \bar{x}_k \in V \ g(\bar{x}_k) = \bar{x}_s \right\} = \tilde{S}_n \cap Aut G.$$

Этот факт показывает, что изучение группы инерции биективной функции относительно групп Q_n и S_n связано с нахождением группы автоморфизмов графа сокращенной 2-КНФ.

Перейдем к описанию группы инерции функции f относительно группы сдвигов Σ_n . Пусть $G = (V, E)$ – граф произвольной 2-КНФ этой функции. Для $M \subseteq V$ положим $Ind(M) = \{i : x_i \in M \text{ или } \bar{x}_i \in M\}$; для всякого $N \subset \{1, \dots, n\}$ через $\chi(N)$ обозначим характеристический вектор этого множества. Сильно связная компонента произвольного орграфа называется изолированной, если она является компонентой связности неориентированного графа, полученного из исходного графа путем отмены ориентации дуг. Рассмотрим B_n как векторное пространство над полем из двух элементов.

Факт 5.2. Группа $J_{\Sigma_n}(f)$ является подпространством в B_n , базисом которого являются все различные векторы вида $\chi(Ind(Y_j))$, $j \in A$, где Y_j , $j \in A$ – все изолированные сильно связные компоненты графа G .

6. Число биективных функций, инвариантных относительно заданной перестановки переменных

Если булева функция f содержит в своей группе инерции относительно S_n подстановку s , то также говорят, что функция f инвариантна относительно перестановки переменных s . Обозначим $D(s, n)$ – число биективных функций от n переменных, инвариантных относительно перестановки s . В статье [8] доказан следующий факт.

Факт 6.1. Если s – полноцикловая подстановка, то верно равенство

$$D(s, n) = \begin{cases} 4 - \mu(n) + \sum_{k>0, k|n} \left(2^{\lfloor \frac{k+2}{2} \rfloor} \right), & \text{если } n - \text{нечетно,} \\ 4 - \mu(n) + \mu\left(\frac{n}{2}\right) + \sum_{k>0, k|n} \left(2^{\lfloor \frac{k+2}{2} \rfloor} \right), & \text{если } n - \text{четно,} \end{cases}$$

где $\mu(n)$ – функция Мебиуса, $\lfloor a \rfloor$ – наибольшее целое число, не превосходящее a .

Если подстановка s не является полноцикловой, то на число $D(s, n)$ известны только оценки. Поскольку из факта 6.1. следует, что для любых двух полноцикловых подстановок s_1, s_2 $D(s_1, n) = D(s_2, n)$, то обозначим $C(n) = D(s_1, n)$.

Факт 6.2. Пусть подстановка s разлагается на k независимых циклов длины l_1, \dots, l_k , тогда

$$\prod_{i=1}^k C(l_i) \leq D(s, n) \leq \prod_{i=1}^k C(l_i) \cdot 7^{\sum_{1 \leq a < b \leq k} \text{НОД}(l_a, l_b)}$$

7. Вес биективной функции

Как показано в статье [5], в общем случае задача определения веса биективной функции является #P-полной [6] и остается таковой, даже если мы ограничиваемся случаями монотонных биективных функций или функциями, являющимися одновременно слабо положительными и слабо отрицательными. В работе [10] приведены некоторые ограничения, при выполнении которых задача нахождения веса становится полиномиальной. Например, верен следующий результат.

Факт 7.1. Пусть $f(x_1, \dots, x_n)$ – произвольная биективная функция. Если каждая из переменных x_1, \dots, x_n входит в минимальную 2-КНФ функции $f(x_1, \dots, x_n)$ не более 2-х раз, то задача определения веса функции f полиномиальна.

Кроме того, в [10] рассмотрен вопрос о возможных значениях веса биективной функции.

Факт 7.2. Пусть $f(x_1, \dots, x_n)$ – произвольная биективная функция, существенно зависящая от всех переменных, $n \geq 5$. Тогда функция $f(x_1, \dots, x_n)$ неравновероятна и, более того, в точности выполнено одно из двух условий:

1) функция $f(x_1, \dots, x_n)$ имеет вес, равный $2^{n-1} + 1$ и эквивалентна функции $\bigwedge_{i=2}^n (x_1 \vee x_i)$ относительно группы Q_n ;

2) вес функции $f(x_1, \dots, x_n)$ меньше либо равен $2^{n-1} - 2^{n-3} + 3$. Эта оценка достижима.

Существуют биективные равновероятные функции от 4 или менее переменных. Это функции, эквивалентные относи-

тельно группы Q_n одной из следующих функций: $(\bar{x}_2 \vee x_1)(\bar{x}_1 \vee x_2)$, x_1 , $(\bar{x}_1 \vee x_2)(\bar{x}_2 \vee x_3)$, $(\bar{x}_1 \vee x_2)(\bar{x}_1 \vee x_3)(x_2 \vee x_3)$, $(\bar{x}_1 \vee x_2)(\bar{x}_1 \vee x_3)(x_2 \vee x_4)$.

Список литературы

1. Балакин Г.В. Графы систем двучленных уравнений с булевыми неизвестными. Теория вероятностей и ее применения. – М.: ТВП. – 1995. – Т. 40. – Вып. 2. – С. 241–259.
2. Гизунов С.А., Носов В.А. О классификации всех булевых функций 4-х переменных по классам Шефера // Обозрение прикладной и промышленной математики. Сер. Дискретная математика. – 1995. – Т. 2. – Вып. 3. – С. 440–467.
3. Горшков С.П. NP-полные задачи и решение систем булевых уравнений // Обозрение прикладной и промышленной математики. Сер. Дискретная математика. – 1995. – Т. 2. – Вып. 3. – С. 325–398.
4. Горшков С.П. О пересечении классов мультиаффинных, биективных, слабо положительных и слабо отрицательных булевых функций // Обозрение прикладной и промышленной математики. Сер. Дискретная математика. – 1997. – Т. 4. – Вып. 2. – С. 216–237, 238–259.
5. Горшков С.П. О сложности задачи нахождения числа решений систем булевых уравнений // Обозрение прикладной и промышленной математики. Сер. Дискретная математика. – 1996. – Т. 8. – Вып. 1. – С. 72–85.
6. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи / Пер. с англ. – М.: Мир, 1979.
7. Данцин Е.Я. Алгоритмика задачи выполнимости // Вопросы кибернетики. – 1987. – Вып. 131. – С. 7–21.
8. Ролдугин П.В., Тарасов А.В. О числе биективных функций, инвариантных относительно данной подстановки // Обозрение прикладной и промышленной математики. Сер. Дискретная математика. – 2002. – Т. 4. – Вып. 3. – С. 23–41.
9. Тарасов А.В. Некоторые свойства групп инерции булевых биективных функций и индуктивный метод генерации таких функций // Обозрение прикладной и промышленной математики. Сер. Дискретная математика. – 2002. – Т. 14. – Вып. 2. – С. 34–47.
10. Тарасов А.В. О свойствах функций, представимых в виде 2-КНФ // Обозрение прикладной и промышленной математики. Сер. Дискретная математика. – 2002. – Т. 13. – Вып. 4. – С. 99–115.
11. Тарасов А.В. О среднем числе решений заведомо совместных случайных дважды биективных систем уравнений: Тезисы 3-го Всероссийского симпозиума по прикладной и промышленной математике // Обозрение прикладной и промышленной математики. – 2002. – Т. 9. – Вып. 3. – С. 657–658.
12. Davis M., Putnam H. A computing procedure for Quantification theory. – Journal of ACM. – 1960. – V.7. – P. 201–215.
13. Goerdts A. A remark on random 2-SAT // Discrete Applied Mathematics. – 1999. – V. 96–97. – P. 107–110.
14. Schaefer T. Complexity of satisfiability problems. – Proceedings of the 10 Annual ACM Symposium on Theory of Computing, 1978. – P. 216–226.

ОДНОЗНАЧНОСТЬ РАЗЛОЖЕНИЯ ДВОИЧНОЙ ФУНКЦИИ В БЕСПОВТОРНОЕ ПРОИЗВЕДЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ НЕПРИВОДИМЫХ СОМНОЖИТЕЛЕЙ

А.В. ЧЕРЕМУШКИН, *сотрудник лаборатории ТВП, Москва*

Каждая двоичная функция допускает однозначное, с точностью до определенного отношения эквивалентности, представление в виде неповторной суперпозиции [1, 3]. В частности, если функция раскладывается в неповторное произведение неразложимых сомножителей, то такое разложение единственно. При линейной замене переменных у функции могут быть несколько различных разложений. Целью настоящей статьи является доказательство однозначности такого разложения при условии, что функция не имеет аффинных сомножителей и представлена в виде произведения максимального числа сомножителей от минимально возможного по всем линейным заменам числа переменных.

Введем обозначения. Пусть $n > 0$, $V = GF(2)^n$, H_n – группа сдвигов пространства V . Пусть V^* – сопряженное пространство, состоящее из линейных функций на V . Если $x \in V$ и $a^* \in V^*$, то значение линейной функции a^* на векторе x удобно обозначать в виде (x, a^*) . Для каждого подпространства U (U^*) пространства V (V^*) обозначим двойственное ему подпространство

$$U^\perp = \{e^* : (x, e^*) = 0, x \in U\} \quad (U^{*\perp} = \{x : (x, e^*) = 0, x^* \in U^*\})$$

Напомним, что сопряженными называются такие базисы e^1, e^2, \dots, e^n пространства V и $e^{*1}, e^{*2}, \dots, e^{*n}$ пространства V^* , что

$$(e^i, e^j) = \begin{cases} 1, & i = j; \\ 0, & i \neq j. \end{cases}$$

Каждую функцию $f(x_1, \dots, x_n)$ удобно рассматривать как функцию на векторном пространстве V над полем $GF(2)$, табличное задание которой получается при фиксации единичного базиса e^1, e^2, \dots, e^n . Обозначая через $x_e = (x_1, \dots, x_n)$ вектор координат элемента $x \in V$, имеем $f(x) = f_e(x_e) = f_e(x_1, \dots, x_n)$, где

$x_i = (x, e^{*i})$, $i = 1, \dots, n$. При выборе другого базиса v^1, v^2, \dots, v^n пространства V получаем $f(x) = f_v(x_v) = f_e(x_e) = f_v(x_e C)$,

где $C = (c_{ij})$ – матрица перехода от базиса v^1, v^2, \dots, v^n к базису e^1, e^2, \dots, e^n , то есть

$$x_v = x_e C, \quad e^i = \sum_{j=1}^n c_{ij} v^j, \quad i = 1, \dots, n.$$

С другой стороны, координаты вектора $x_v = (x'_1, \dots, x'_n)$ определяются выражением $x'_i = (x, v^{*i}) = (x, e^{*i} C^T)$, где C^T – транспонированная матрица, $i = 1, \dots, n$. Аналогично, при линейной замене переменных $x_v = x_e A$ с матрицей A у функции f получаем равенства $f(xA) = f_e(x_e A) = f_e(x'_e)$, где $x'_i = (xA, e^{*i}) = (x, e^{*i} A^T)$, $i = 1, \dots, n$.

Если функция f зависит существенно лишь от k переменных, то есть $f(x) = f_e(x_e) = h_e(x_1, \dots, x_k)$, причем k – минимальное с этим свойством по всем линейным заменам переменных (или, что то же самое, по всем базисам), то с этой функцией однозначно связаны два подпространства: $V_1^* = \langle e^{*1}, \dots, e^{*k} \rangle$ – подпространство существенных переменных (в том смысле, что каждый вектор e^* этого пространства можно дополнить до базиса так, что соответствующее переменное $x_1 = (x, e^*)$ будет существенным) и двойственное ему подпространство $V_1 = (V_1^*)^\perp$ векторов, сдвиги по которым лежат в группе инерции $(H_n)_f$. Поэтому в этом случае можно использовать запись $f = f(V_1^*)$.

Будем говорить, что функция f имеет линейные (инверсные линейные) сомножители, если найдутся такие функция $l = (x, a^*)$ ($l = (x, a^*) \oplus 1$), отличная от константы, и функция h , что $f = l \cdot h$. Будем также для удобства говорить, что функция f имеет аффинные сомножители, если она имеет ли-

нейные или инверсные линейные сомножители. Легко видеть, что если функция f имеет аффинный сомножитель $l(x) = (x, a^*) \oplus b$, отличный от константы, то это равносильно условию $l \cdot f = f$, или $\bar{l} \cdot f = 0$ [2]. Если функция f имеет $k, k > 0$, аффинных сомножителей $l_i(x) = (x, a^{*(i)}) \oplus b_i$, где $a^{*(i)} \in V^*, x \in V, b_i \in \{0, 1\}, 1 \leq i \leq k$, таких, что векторы $a^{*(i)}, 1 \leq i \leq k$ линейно независимы, но не имеет $k + 1$ таких сомножителей, то будем говорить, что f имеет *ровно k аффинных сомножителей*. Последнее равносильно существованию представления

$$f(x) = x_1^{b_1} \cdot \dots \cdot x_k^{b_k} \cdot h(x_{k+1}, \dots, x_n)$$

при некотором $k, k > 0$ и некоторой функции h , причем при любой линейной замене переменных функции f число k – максимальное с этим свойством.

В дальнейшем нам потребуются следующие факты.

1. Функция имеет линейный (инверсный линейный) сомножитель $(x, e^*) ((x, e^*) \oplus 1)$ в том и только в том случае, когда множество $M(f) = \{a \in V : f(a) = 1\}$ содержится в линейном многообразии

$$W_0 = \{x : (x, e^*) = 0\} (W_1 = \{x : (x, e^*) = 1\} = W_0 \oplus a, a \in W_1).$$

Функция f не имеет линейных (аффинных) сомножителей в том и только в том случае, когда $\dim \langle M(f) \rangle = n$ ($\dim \langle M(f) \rangle = n$ и $\dim \langle V_n \setminus M(f) \rangle = n$).

2. Если же у функции f есть и несущественные переменные и линейные сомножители, то во введенных выше обозначениях с функцией связаны следующие подпространства: подпространство L_1^* линейных сомножителей и подпространство V_1^* существенных переменных, причем $L_1^* \subseteq V_1^* \subseteq V^*$. Поэтому можно так выбрать базисы подпространств, что $L_1^* = \langle e^{1^*}, \dots, e^{p^*} \rangle, V_1^* = \langle e^{1^*}, \dots, e^{r^*} \rangle, 1 \leq p \leq r \leq n$, и $f_e(x_e) = x_1^{b_1} \cdot \dots \cdot x_p^{b_p} \cdot h(x_{p+1}, \dots, x_r)$, причем функция h не имеет линейных сомножителей.

Докажем вспомогательные леммы. Пусть U – подпространство пространства $V = V_1 + V_2$ и $Pr_{V_1} U$ – проекция U на подпространство V_1 .

Лемма 1

Пусть имеется разложение пространства V в прямую сумму двух подпространств $V = V_1 + V_2$, и U – подпространство пространства V , удовлетворяющее условию $V_i \cap U = 0, i = 1, 2$. Тогда

$$\dim Pr_{V_1} U = \dim Pr_{V_2} U = \dim U.$$

Доказательство. Обозначим $W_1 = Pr_{V_1} U, W_2 = Pr_{V_2} U$. Если $\dim W_1 < \dim U$, то U содержит два различных вектора вида $v_1 + v_2 \neq v_1 + v_2',$ где $v_1 \in V_1, v_2, v_2' \in V_2$. Получаем противоречие: $0 \neq v_2 - v_2' \in U \cap V_2 = \{0\}$. Таким образом, $\dim W_1 = \dim U$ и аналогично $\dim W_2 = \dim U$.

Лемма 2

Пусть имеется два разложения пространства V в прямую сумму двух подпространств $V = V_1 + V_2 = U_1 + U_2$, где подпространства V_i и U_j удовлетворяют условию $V_1 \cap U_1 = V_1 \cap U_2 = V_2 \cap U_1 = \{0\}$. Тогда

$$\dim V_1 = \dim U_1 \leq 1/2 \dim V.$$

Доказательство непосредственно вытекает из леммы 1.

Лемма 3

Пусть имеется два разложения пространства V^* в прямую сумму двух подпространств $V^* = V_1^* + V_2^* = U_1^* + U_2^*$, удовлетворяющих условию $V_1^* \cap U_1^* = V_1^* \cap U_2^* = V_2^* \cap U_1^* = \{0\}$.

Если выполняется равенство

$$f = f_1(V_1^*) \cdot f_2(V_2^*) = h_1(U_1^*) \cdot h_2(U_2^*), \quad (1)$$

причем функция f имеет тривиальную группу инерции в группе сдвигов и не имеет линейных сомножителей, то $V_1 = U_1 = \{0\}$.

Доказательство

В силу леммы 2 $\dim V_1 = \dim U_1 = k \leq n/2$, где $\dim V = n$. Поэтому с учетом леммы 1 можно выбрать базисы пространств V_i^* и $U_j^*, i, j = 1, 2$, так что

$$V_1^* = \langle e^{*1}, \dots, e^{*k} \rangle, V_2^* = \langle e^{*(k+1)}, \dots, e^{*n} \rangle, U_1^* = \langle e^{*1} + e^{*(k+1)}, \dots, e^{*k} + e^{*2k} \rangle.$$

Таким образом, с точностью до линейной замены переменных равенство (1) в данном базисе принимает вид

$$f_1(x_1, \dots, x_k) \cdot f_2(x_{k+1}, \dots, x_n) = h_1(x_1 \oplus x_{k+1}, \dots, x_k \oplus x_{2k}) \cdot$$

$$h_2\left(\sum_{j=1}^n c_{k+1,j} x_j, \dots, \sum_{j=1}^n c_{n,i} x_j\right).$$

Подставляя в это равенство произвольный вектор $(x_{k+1}, \dots, x_n) = (a_{k+1}, \dots, a_n)$, при котором $f_2(a_{k+1}, \dots, a_n) = 1$, получаем равенство

$$f_1(x_1, \dots, x_k) = h_1(x_1 \oplus a_{k+1}, \dots, x_k \oplus a_{2k}) \times \\ \times h_2\left(\sum_{j=1}^k c_{k+1,j} x_j \oplus b_{k+1}, \dots, \sum_{j=1}^k c_{n,j} x_j \oplus b_n\right),$$

где $b_j = \sum_{i=k+1}^n c_{n,i} a_i$, $k+1 \leq j \leq n$. Отсюда следует, что для весов функций выполнено неравенство $\|f_1\| \leq \|h_1\|$. Поскольку все рассуждения в данном случае симметричны, то получаем равенство $\|h_1\| \leq \|f_1\|$. Таким образом, имеем $f_1(x_1, \dots, x_k) = h_1(x_1 \oplus a_{k+1}, \dots, x_k \oplus a_{2k})$.

Поскольку функция f , а следовательно и f_2 , не имеют линейных сомножителей, то множество векторов (a_{k+1}, \dots, a_n) , удовлетворяющих условию $f_2(a_{k+1}, \dots, a_n) = 1$, имеет размерность $n - k$, а это, в свою очередь, противоречит тривиальности группы инерции функции h_1 . Лемма доказана.

Лемма 4

Пусть имеется два разложения пространства V^* в прямую сумму: $V = V_1 + V_2 = V_1 + U_2$. Если выполняется равенство (1) (при $V_1 = U_1$), причем функция f имеет тривиальную группу инерции в группе сдвигов и не имеет линейных сомножителей, то $V_2^* = U_2^*$ и $f_i = h_i$, $i=1,2$.

Доказательство

Пусть $V = V_1 + V_2 = V_1 + U_2$ – разложение пространства V , такие, что $(V_1^*)^\perp = V_2$ и $(V_2^*)^\perp = V_1$. Выберем базис пространства V так, что $V_1 = \langle e^1, \dots, e^k \rangle$, $V_2 = \langle e^{k+1}, \dots, e^n \rangle$, и пусть e^{*1}, \dots, e^{*n} – сопряженный базис. Пусть $U_2 = \langle e^{k+1}, \dots, e^n \rangle$. Тогда при произвольной фиксации переменных функции f_1 векторами из множества $M(f_1) = \{ a \in V_1 : f_1(a) = 1 \}$, то есть при подстановке векторов $x = a + x^{(2)}$, $a \in M(f_1)$, $x^{(2)} \in V_2$, в равенство (1), получаем

$$f_{2e}(x_{k+1}, \dots, x_n) = h_{2e}\left(\sum_{j=1}^k c_{k+1,j} a_j \oplus \sum_{j=k+1}^n c_{k+1,j} x_j, \dots, \sum_{j=1}^k c_{n,j} a_j \oplus \sum_{j=k+1}^n c_{n,j} x_j\right),$$

где (c_{ij}) – матрица перехода от базиса e^1, \dots, e^n к базису $e^1, \dots, e^k, e^{k+1}, \dots, e^n$.

Так как группа инерции в группе сдвигов функции h_2 тривиальна, то

$$\left(\sum_{j=1}^k c_{k+1,j} a_j, \dots, \sum_{j=1}^k c_{n,j} a_j\right) = (0, \dots, 0).$$

Поскольку функция f_1 не имеет линейных сомножителей, то множество векторов $M(f_1)$ имеет размерность $k = \dim V_1$. Отсюда $c_{i,j} = 0$ при всех $i = k+1, \dots, n$, $j = 1, \dots, k$, и, следовательно, $V_2 = U_2$. Теперь очевидно, что $f_i = h_i$, $i=1,2$.

Лемма 5

Если $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_1 \cdot f^{(0)}(x_2, \dots, x_n) \oplus x_1 \cdot f^{(1)}(x_2, \dots, x_n)$ – разложение функции f по первому переменному, где $f^{(0)} \neq 0$ и $f^{(1)} \neq 0$, то (1) функция f не имеет линейных (аффинных) сомножителей в том и только в том случае, когда функции $f^{(0)}$ и $f^{(1)}$ не имеют общих линейных (аффинных) сомножителей; (2) функция f имеет тривиальную группу инерции в группе сдвигов в том и только в том случае, когда функции $f^{(0)}$ и $f^{(1)}$ не эквивалентны относительно группы сдвигов и пересечение их групп инерции в группе сдвигов тривиально.

Доказательство проводится несложной проверкой.

Теорема

Пусть имеется два разложения пространства V^* в прямую сумму двух подпространств $V = V_1 + V_2 = U_1 + U_2$. Если выполняется равенство (1), причем функция f имеет тривиальную группу инерции в группе сдвигов и не имеет линейных сомножителей, то функция f допускает разложение $f = d_1(W_{11}^*) \cdot d_2(W_{12}^*) \cdot d_3(W_{21}^*) \cdot d_4(W_{22}^*)$, (2) где $W_{ij}^* = V_i^* \cup U_j^*$, $i, j = 1, 2$, а d_i , $i = 1, \dots, 4$ – некоторые функции, удовлетворяющие тем же условиям.

Доказательство

Пусть $\dim V^* = n$. Воспользуемся индукцией по n . При $n = 1$ утверждение очевидно. Предположим, что для функций от $n - 1$ переменного оно верно, и докажем для случая функций от n переменных. Если все $W_{ij}^* = \{0\}$, $i, j = 1, 2$, то в силу леммы 3 получаем, что такой случай возможен только при $n = 0$.

Пусть $W_{11}^* \neq \{0\}$. Выбираем любой вектор $e^* \in W_{11}^*$ и перейдем к базису e^{*1}, \dots, e^{*n} , в котором $e^{*1} = e^*$, $x_1 = (x, e^*)$, и $V_1^* = \langle e^{*1}, \dots, e^{*k} \rangle$, $V_2^* = \langle e^{*k+1}, \dots, e^{*n} \rangle$. Тогда базисные векторы подпространств $U^{*1} = \langle e^{*1}, \dots, e^{*m} \rangle$, $U^{*2} = \langle e^{*m+1}, \dots, e^{*n} \rangle$ будут иметь вид $e^{*i} = \sum_{j=1}^n c_{i,j} e^{*j}$ и соответствующие координаты будут равны

$$x'_i = (x, e^{*i}) = \sum_{j=1}^n c_{i,j} x_j, \quad i = 1, \dots, n.$$

Можно также считать, что $W_{11}^* = \langle e^{*1}, \dots, e^{*t} \rangle$, $t \leq k$, $e^{*i} = e^*$, $1 \leq i \leq t$.

Таким образом, с точностью до линейной замены переменных равенство (2) в данном базисе принимает вид

$$\begin{aligned} & f_{1e}(x_1, \dots, x_k) \cdot f_{2e}(x_{k+1}, \dots, x_n) = \\ & = h_{1e}(x_1, \dots, x_t, \sum_{j=1}^n c_{t+1,j} x_j, \dots, \sum_{j=1}^n c_{m,j} x_j) \cdot h_{2e} \\ & \left(\sum_{j=1}^n c_{m+1,j} x_j, \dots, \sum_{j=1}^n c_{n,j} x_j \right). \end{aligned} \quad (3)$$

Заметим, что базисные векторы подпространства U_1^* можно выбрать так, что

$$x'_i = \sum_{j=t+1}^n c_{i,j} x_j, \quad t+1 \leq i \leq m.$$

Для этого надо, если это необходимо, добавить к базисным векторам e^{*i} , $t+1 \leq i \leq n$ векторы e^{*l} , $1 \leq l \leq t$, которые также лежат в подпространстве U^{*1} . В частности, поэтому можно полагать, что $U^{*1} \subseteq U^* = \langle e^{*2}, \dots, e^{*n} \rangle$.

Рассмотрим функции $f^{(0)} = f_e(0, x_2, \dots, x_n)$, $f_e^{(1)} = f_e(1, x_2, \dots, x_n)$, которые являются соответственно ограничениями функции f на многообразия $W_0 = \{x \in V : (x, e^{*1}) = 0\}$, $W_1 = \{x \in V : (x, e^{*1}) = 1\}$,

Пусть e^1, \dots, e^n – сопряженный базис. Так как $W_1 = W_0 + e^{*1}$, то можно полагать, что функции $f^{(0)}(x_2, \dots, x_n)$, $f^{(1)}(x_2, \dots, x_n)$ заданы на подпространстве W_0 , а сопряженным к нему является подпространство U^* . Подставляя значение $x_1 = r \in \{0, 1\}$ в равенство (3), имеем

$$\begin{aligned} & f_e^{(r)}(x_2, \dots, x_n) = f_{1e}^{(r)}(x_2, \dots, x_k) \cdot f_{2e}(x_{k+1}, \dots, x_n) \\ & = h_{1e}^{(r)}(x_2, \dots, x_t, \sum_{j=t+1}^n c_{t+1,j} x_j, \dots, \sum_{j=t+1}^n c_{m,j} x_j) \cdot \\ & h_{2e}^{(r)} \left(\sum_{j=2}^n c_{m+1,j} x_j, \dots, \sum_{j=2}^n c_{n,j} x_j \right), \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{где: } & f_{1e}^{(r)}(x_2, \dots, x_k) = f_{1e}(r, x_2, \dots, x_k), \\ & h_{1e}^{(r)}(x'_2, \dots, x'_m) = h_{1e}(r, x'_2, \dots, x'_t, x'_{t+1}, \dots, x'_m), \\ & h_{2e}^{(r)}(x'_{m+1}, \dots, x'_n) = h_{2e}(x'_{m+1} \oplus c_{m+1,1} r, \dots, \\ & \dots, x'_n \oplus c_{n,1} r). \end{aligned}$$

Функции $h_{2e}^{(0)}$ и $h_{2e}^{(1)}$ аффинно эквивалентны функции h_2 и поэтому не имеют линейных сомножителей и имеют тривиальную группу инерции в соответствующей группе сдвигов. Функции $f_{1e}^{(0)}$ и $f_{1e}^{(1)}$, а также $h_{1e}^{(0)}$ и $h_{1e}^{(1)}$ уже могут иметь линейные сомножители и нетривиальные группы инерции в группе сдвигов (см. лемму 5).

Выделим у этих функций линейные сомножители и существенные переменные. При $r = 0$ имеем

$$\begin{aligned} & f_1^{(0)} = x_{i_1}^{b_1} \cdot \dots \cdot x_{i_{p_0}}^{b_{p_0}} \cdot f_1'^{(0)}(S_1^{*(0)}), \quad h_1^{(0)} = \\ & x_{i_1}^{b_1} \cdot \dots \cdot x_{i_{p_0}}^{b_{p_0}} \cdot h_1'^{(0)}(S_2^{*(0)}), \end{aligned}$$

где: $0 \leq p_0 \leq t \leq m$, $L^{*(0)} = \langle e^{*i_1}, \dots, e^{*i_{p_0}} \rangle \subseteq$

W_{11}^* – подпространство линейных сомножителей, $S_1^{*(0)}$ – подпространство существенных переменных функции $f_1'^{(0)}$, $S_1^{*(0)} \subseteq V_1^*$, $S_2^{*(0)}$ – подпространство существенных переменных функции $h_1'^{(0)}$, $S_2^{*(0)} \subseteq U_1^*$. То, что функции $f_1'^{(r)}$ и $h_1'^{(r)}$ при одинаковых $r \in \{0, 1\}$ имеют одинаковые линейные сомножители, следует из равенства (4) и леммы 5.

Аналогично при $r = 0$:

$$\begin{aligned} & f_1^{(1)} = x_{j_1}^{b'_{j_1}} \cdot \dots \cdot x_{j_{p_1}}^{b'_{p_1}} \cdot f_1'^{(1)}(S_1^{*(1)}), \quad h_1^{(1)} = \\ & x_{j_1}^{b'_{j_1}} \cdot \dots \cdot x_{j_{p_1}}^{b'_{p_1}} \cdot h_1'^{(1)}(S_2^{*(1)}), \end{aligned}$$

где $0 \leq p_1 \leq t \leq m$, $L^{*(1)} = \langle e^{*j_1}, \dots, e^{*j_{p_1}} \rangle$

$\subseteq W_{11}^*$ – подпространство линейных сомножителей, $S_1^{*(1)}$ – подпространство существенных переменных функции $f_1'^{(1)}$, $S_1^{*(1)} \subseteq V_1^*$, $S_2^{*(1)}$ – подпространство существенных переменных функции $h_1'^{(1)}$, $S_2^{*(1)} \subseteq U_1^*$.

Здесь функции $f_1'^{(r)}$ и $h_1'^{(r)}$, $r \in \{0, 1\}$ уже не имеют линейных сомножителей и имеют тривиальные группы инерции в группе сдвигов. Более того, в силу леммы 1 получаем $L^{*(0)} \cup L^{*(1)} = \{0\}$, поэтому можно считать, что

$$\begin{aligned} & i_1 = 2, \dots, i_{p_0} = p_0 + 1, j_1 = \\ & = p_0 + 2, \dots, j_{q_0} = p_0 + q_0 + 1 \leq t. \end{aligned}$$

Теперь можно записать $V_1^* = L^{*(r)} + S_1^{*(r)} + K_1^{*(r)}$, $U_1^* = L^{*(r)} + S_2^{*(r)} + K_2^{*(r)}$, где $K_1^{*(r)}$ и $K_2^{*(r)}$ – дополнения до полного пространства, соответствующие несущественным переменным функций $f_1^{(r)}$ и $h_1^{(r)}$, $r = 0, 1$.

Из свойства группы инерции в группе сдвигов вытекает, что $(K_1^{*(r)})^\perp = (K_2^{*(r)})^\perp$. Если подставить полученные выражения в равенства (4), то с учетом тождеств

$$x_1 \cdot f(x_1, x_2, \dots, x_n) = f(0, x_2, \dots, x_n), x_1 \cdot f(x_1, x_2, \dots, x_n) = f(1, x_2, \dots, x_n)$$

получаем следующее равенство

$$f_1^{(r)}(S_1^{*(r)}) \cdot f_2(V_2^*) = h_1^{(r)}(S_2^{*(r)}) \cdot h_2^{(r)}(U_2^{*(r)}), r = 0, 1, \quad (5)$$

где $U_2^{*(0)} = \langle u^{*m+1}, \dots, u^{*n} \rangle \subseteq U^*$ – подпространство, порожденное векторами

$$u^{*i} = \sum_{j \in \{1, \dots, n\} \setminus \{1, j_1, \dots, j_{p_1}\}} c_{ij} e^{*j},$$

$$h_2^{(0)}(z_{m+1}, \dots, z_n) = h_2^{(0)}(z_{m+1} \oplus c_{m+1}, \dots, z_n \oplus c_n),$$

$$c_i = \sum_{j \in \{j_1, \dots, j_{p_1}\}} c_{ij} b_j, m+1 \leq i \leq n,$$

а $U_2^{*(1)} = \langle u^{*m+1}, \dots, u^{*n} \rangle \subseteq U^*$ – подпространство, порожденное векторами

$$u^{*i} = \sum_{j \in \{1, \dots, n\} \setminus \{1, j_1, \dots, j_{p_1}\}} c_{ij} e^{*j},$$

$$h_2^{(1)}(z_{m+1}, \dots, z_n) = h_2^{(1)}(z_{m+1} \oplus c'_{m+1}, \dots, z_n \oplus c'_n),$$

$$c'_i = \sum_{j \in \{j_1, \dots, j_{p_1}\}} c_{ij} b'_j, m+1 \leq i \leq n.$$

Таким образом, должны выполняться равенства $L^{*(r)} + S_1^{*(r)} = L^{*(r)} + S_2^{*(r)}$, $r = 0, 1$, причем у всех функций, участвующих в этих равенствах, подпространства существенных переменных содержатся в пространстве $U^* = \langle e^{*2}, \dots, e^{*n} \rangle$.

Поэтому, применяя к равенству (5) предположение индукции, получаем, что должны найтись такие функции $d_i^{(r)}$, $r = 0, 1$, $i = 1, 2, 3, 4$, что левая и правая части равенства (5) раскладываются в произведение

$$d_1^{(r)}(W_{11}^{*(r)}) \cdot d_2^{(r)}(W_{12}^{*(r)}) \cdot d_3^{(r)}(W_{21}^{*(r)}) \cdot d_4^{(r)}(W_{22}^{*(r)}),$$

где: $W_{11}^{*(r)} = S_1^{*(r)} \cap S_2^{*(r)} \subseteq S_1^{*(r)}$,
 $W_{12}^{*(r)} = S_1^{*(r)} \cap U_2^{*(r)} \subseteq S_1^{*(r)}$,

$$W_{21}^{*(r)} = S_2^{*(r)} \cap V_2^* \subseteq W_{21}^* \subseteq V_2^*,$$

$$W_{22}^{*(r)} = V_2^* \cap U_2^{*(r)} \subseteq V_2^*.$$

В силу леммы 3 должны выполняться равенства:

$$S_2^{*(r)} = W_{11}^{*(r)} + W_{12}^{*(r)}, V_2^* = W_{21}^{*(r)} + W_{22}^{*(r)}, r = 0, 1, \text{ и } f_2(V_2^*) = d_3^{(0)}(W_{21}^{*(0)}) \cdot d_4^{(0)}(W_{22}^{*(0)}) = d_3^{(1)}(W_{21}^{*(1)}) \cdot d_4^{(1)}(W_{22}^{*(1)}).$$

В силу однозначности разложения в произведение [1, 3], получаем:

$$W_{21}^{*(0)} = W_{21}^{*(1)} = W_{21}^*, W_{22}^{*(0)} = W_{22}^{*(1)} = W_{22}^*, \text{ а также } U_2^{*(0)} = U_2^{*(1)} = U_2^*.$$

Отсюда $d_3^{(0)} = d_3^{(1)} = d_3$, $d_4^{(0)} = d_4^{(1)} = d_4$.

Сменим теперь базис и проведем аналогичные рассуждения, поменяв местами функции f_i и h_i , $i = 1, 2$. Поскольку условия симметричны, то

$$W_{12}^{*(0)} = W_{12}^{*(1)} = W_{12}^*, d_2^{(0)} = d_2^{(1)} = d_2.$$

Таким образом, возвращаясь к исходному равенству, получаем, что функция $f = x_1^{k(0)}(U^*) \oplus x_1^{k(1)}(U^*)$ разложима в произведение

$$f = d_1(W_{11}^*) \cdot d_2(W_{12}^*) \cdot d_3(W_{21}^*) \cdot d_4(W_{22}^*),$$

где $d_1(W_{11}^*) = x_1 \cdot d_1^{(0)}(W_{11}^{*(0)}) \oplus x_1 \cdot d_1^{(1)}(W_{11}^{*(1)})$. Теорема доказана.

Из данной теоремы следует, что в случае, когда у функции удалены линейные сомножители и несущественные переменные, то она однозначно раскладывается в произведение неприводимых сомножителей от минимального числа переменных в том смысле, что любое другое такое разложение соответствует тому же самому разложению пространства в сумму подпространств, а функции отличаются линейной заменой переменных внутри каждого их сомножителей.

Список литературы

1. Кузнецов А.В. О неповторных контактных схемах и неповторных суперпозициях функций алгебры логики. // Тр. МИАН СССР. – 1958. – Т.51. – 186-225.
2. Черемушкин А.В. Методы аффинной и линейной классификации двоичных функций. // Труды по дискретной математике. Т.4. – М.: Физико-математическая литература. – 2001. – С. 273-314.
3. Ashenurst R.L. The decomposition of switching functions. // Ann. of Comput. Labor. of Harv. Univ. – 1959. – Vol.29. – p.74-116.

**ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ОСНОВ
ДИСКРЕТНОГО АНАЛИЗА ОТ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ ДО ВЫСШЕГО
УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ (ПОЛНЫЙ ТЕКСТ ДОКЛАДА НА II
КОЛМОГОРОВСКИХ ЧТЕНИЯХ, ЯРОСЛАВЛЬ – 2004)**

О.Н. ЖУРАВЛЕВА, доц. МГПИ им. М.Е.Евсевьева (Саранск), канд. пед. наук,
К.К. РЫБНИКОВ, доц. МГУЛа, канд. физ.-мат. наук

В истории становления отечественного математического образования XX века следует выделить два истинно «революционных» момента.

Первый из них, относящийся к 60-м годам, ознаменовался внедрением в учебную программу школы основ дифференциального и интегрального исчисления. Автором новой концепции явился коллектив под руководством академика А.Н. Колмогорова.

Другой радикальной попыткой структурного изменения школьной программы была публикация в 1939 году книги академика П.С. Александрова «Введение в теорию групп», где впервые рассматривался вопрос о возможности органического введения элементов дискретной математики в школьный курс. Необходимость этого шага заключалась в том, что выпускники школ ни в малейшей степени не были готовы к изучению основ дискретного анализа. К сожалению, план П.С. Александрова не был реализован в связи с объективными причинами. Шли предвоенные годы.

В настоящее время проблема, поднятая П.С. Александровым, стала еще более актуальной. В высших учебных заведениях курсы дискретной математики преподаются нередко уже на первом курсе, а вчерашние школьники не имеют опыта анализа каких-либо дискретных математических объектов. Отсутствие преемственности в построении учебных программ на фоне очевидного падения общего уровня школьной математической подготовки (в 2004 году 24,4% российских выпускников получили оценку «2» на Едином государственном экзамене по мате-

матике) будет иметь самые негативные последствия.

Авторы уже останавливались на принципах построения учебных курсов, обеспечивающих преемственность в изучении элементов дискретной математики от старших классов средней школы до младших курсов высших учебных заведений включительно. Особо была отмечена важность рассмотрения на самом раннем этапе обучения понятия дискретной функции, например, при введении табличного задания функции [1,2].

Другой удобной возможностью познакомить учащегося с понятием дискретной функции является введение понятия подстановки.

Подстановку, состоящую из элементов конечного множества $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, можно трактовать как биективное функциональное отображение этого множества на себя:

$$f: X \rightarrow X. \quad (1)$$

Всевозможные дискретные функции вида (1) называются подстановками. Подстановку из n элементов, поставив в соответствие каждому элементу один из различных номеров от 1 до n , можно обозначать так:

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & \dots & i & \dots & n \\ x_1 & x_2 & \dots & x_i & \dots & x_n \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где x_1, x_2, \dots, x_n – те же числа $1, 2, 3, \dots, n$, обозначающие элементы X и записанные в другом порядке.

Идея изучения в средней школе и педагогических учебных заведениях не только

множества подстановок вида (2), но и так называемой симметрической группы порядка n , то есть группы, заданной на этом множестве путем введения на нем бинарной операции умножения, была также высказана известным советским математиком академиком П.С. Александровым еще 65 лет назад [3]. Это предложение прежде всего связано с возможностью изучения на базе симметрической группы самосовмещений геометрических фигур простейших групп движений, реализуя таким образом идею интеграции алгебраического и геометрического методов анализа. Именно это позволяет использовать большое число понятных для учащихся геометрических примеров.

Последнее весьма важно, так как известно, что «для учащихся 14–15 лет характерна потребность в понимании применимости полученных знаний, иначе у подростков могут формироваться негативные убеждения и отрицательное отношение к предмету» [4].

Это возможное отторжение предмета целесообразно преодолевать путем рассмотрения задач, однозначно вызывающих интерес юношеской аудитории. К таким задачам относятся простые примеры из литературных и исторических источников, прежде всего связанные с секретными сообщениями.

В древнееврейских источниках часто встречаются упоминания о шифрах «Атбаш» и «Альбам» [6]. Принципы их действия (применительно к латинскому алфавиту) определяются следующим образом:

$$1) \begin{matrix} A & B & C & \dots & X & Y & Z \\ Z & Y & X & \dots & C & B & A \end{matrix}$$

для шифра «Атбаш» (A заменяется на Z , B – на Y , ..., Z – на A). Ясно, что такая замена соответствует подстановке

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & \dots & 26 \\ 26 & 25 & 24 & \dots & 1 \end{pmatrix}.$$

2) шифр «Альбам» реализует замену по схеме:

$$\begin{pmatrix} A & B & C & \dots & K & L \\ \updownarrow & \updownarrow & \updownarrow & & \updownarrow & \updownarrow \\ M & N & O & \dots & Y & Z \end{pmatrix} \text{ или } \begin{pmatrix} A & B & C & \dots & K & L & M & N & O & \dots & Y & Z \\ M & N & O & \dots & Y & Z & A & B & C & \dots & K & L \end{pmatrix},$$

что соответствует дискретной функции:

$$f(i) = i + 13 \quad (i = 1, 2, \dots, 13); f(i) = i - 13 \quad (i = 14, 15, \dots, 26)$$

или подстановке

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & \dots & 13 & 14 & 15 & \dots & 26 \\ 14 & 15 & 16 & \dots & 26 & 1 & 2 & \dots & 13 \end{pmatrix}.$$

В России применение, аналогичное шифру «Атбаш», нашел так называемый тарабарский язык, употреблявшийся раскольниками, разбойниками и владимирскими офенями. В романе А.Н. Толстого «Петр I» один из разбойников спрашивает другого в кабаке: «Онвад с унод?». В тарабарском языке слова произносились наоборот. Замены

$$\begin{pmatrix} \grave{A} & \grave{A} & \acute{A} & \acute{I} & \acute{I} \\ \acute{I} & \acute{I} & \grave{A} & \grave{A} & \grave{A} \end{pmatrix} \text{ и } \begin{pmatrix} \acute{A} & \acute{I} & \acute{I} & \acute{O} \\ \acute{O} & \acute{I} & \acute{I} & \acute{A} \end{pmatrix}$$

соответствуют подстановкам

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 5 & 4 & 3 & 2 & 1 \end{pmatrix} \text{ и } \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 4 & 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}.$$

Отметим еще один важный обучающий момент при рассмотрении элементарных шифров. В школьных курсах и в высших учебных заведениях, как правило, рассматриваются только числовые функции. Здесь же прообразы и образы могут быть не только буквами алфавитов, но и определяться различными символами. В качестве примера можно рассмотреть шифр «Братства франк-масонов» или «Вольных каменщиков». Применительно к современному русскому алфавиту рассмотрим четыре таблицы:

Т а б л и ц а

А:	Б:	В:
Г:	Д:	Е:
Ж:	З:	И:

Й:	К:	Л:
М:	Н:	О:
П:	Р:	С:

Т:	У:	Ф:
Х:	Ц:	Ч:
Ш:	Щ:	Ъ:

Ь:	Э:	Ю:
Я:		

В соответствии с этими таблицами буквы как прообразы для четырех функций получают в соответствие символические образы:

$A \rightarrow \dot{\square}$, $B \rightarrow \square$, $B \rightarrow \square$, ..., $I \rightarrow \overline{\square}$;
 $\ddot{I} \rightarrow \square$, $K \rightarrow \square$, $L \rightarrow \square$, ..., $C \rightarrow \square$;
 $T \rightarrow \square$, ..., $B \rightarrow \square$;
 $\ddot{B} \rightarrow \square$, $\text{Э} \rightarrow \square$, $\text{Ю} \rightarrow \square$, $\text{Я} \rightarrow \square$.

Так, например, зашифрованное сообщение

$\square \square \square \square \square \square \square \square \square \square$

дешифруется как СТЕПАН ЭРЪЗЯ.

Еще одним примером шифра, описываемого подстановкой, является личный шифр Гая Юлия Цезаря (I в. до н. э.), описанный Светонием [5]. Применительно к русскому современному алфавиту он выглядит следующим образом:

$$\begin{pmatrix} \dot{A} \dot{A} \dot{A} \dot{A} \ddot{A} \dots \dot{Y} P \beta \\ \ddot{A} \ddot{A} \ddot{A} \ddot{A} \ddot{E} \dots \dot{A} \dot{A} \dot{A} \end{pmatrix}.$$

При шифровании буква A заменяется буквой G , буква B – буквой D и т.д. Такая схема соответствует подстановке

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & \dots & 33 \\ 4 & 5 & 6 & \dots & 3 \end{pmatrix}$$

или, иными словами, дискретной функции

$$f: i \rightarrow (i+3) \bmod 33, (i = 1, 2, \dots, 33).$$

Рассмотрим еще два примера, которые легко могут быть проанализированы учащимися самостоятельно.

В знаменитом классическом приключенческом романе А.Н. Рыбакова «Кортик» директор школы Алексей Иванович, определив тип шифра, как мудрую литорею, легко дешифрует тайную записку, которая так заинтересовала героев книги: «Сим гадом завести часы понеже проследует стрелка полудень башне самой повернутой быть».

Дадим определение простой и мудрой литорее, процитировав Алексея Ивановича.

«Литорея была двух родов: простая и мудрая. Простая называлась также тарабарской грамотой, отсюда и «тарабарщина». Это простой шифр. Буквы алфавита пишутся в два ряда: верхние буквы употребляют вместо нижних, нижние – вместо верхних. Муд-

рая литорея – более сложный шифр. Весь алфавит разбивался на три группы, по десяти букв в каждой. Первый десяток букв обозначался точками. Например, «а» – одна точка, «б» – две точки и так далее. Вторым десятком обозначался черточками. ... И, наконец, третий десяток обозначался кружочками. ... Значки эти писались столбиками».

Заметим, что простую литорею или «тарабарщину», Алексей Иванович, в отличие от А.Н. Толстого, отождествляет с шифром «Альбам».

Учащимся можно предложить решить обратную задачу: по дешифрованной фразе восстановить тайнопись. Разумеется, истинный шифр по принципу мудрой литорее был построен для текста, записанного кириллицей в соответствии с гражданским шрифтом начала XVIII века. На практических занятиях задачу лучше решать вместе с аудиторией, исходя из записей по современному русскому алфавиту. Сократим число букв до тридцати, изъяв буквы Ё, Й, Ъ и используя вместо них Е, И, Ь. В этом случае буквы А, Б, В, ..., И, К обозначаются точками, буквы Л, М, ..., Ф обозначаются черточками, а буквы Х, Ц, ..., Я – кружками. Так как первая пятерка символов располагалась на кортике, а остальные символы на ножнах, то тайнопись имеет следующий вид:

$\begin{matrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{matrix}$

СИМ ГАДОМ ЗАВЕСТИ ЧАСЫ

Кроме того, следует предложить учащимся описать три дискретные функции, определяющие мудрую литорею.

В романе В.А. Каверина «Исполнение желаний» в руки к студенту Трубачевскому попадает написанный рукой А.С. Пушкина зашифрованный текст десятой главы поэмы «Евгений Онегин». (Кстати, существование такого текста – исторический факт!). Текст этот выглядел следующим образом [7]:

- | | |
|---|------------------------------------|
| 1. Властитель слабый и лукавый | 1. Нечаянно пригретый славой |
| 2. Его мы очень смиренным знали | 2. Орла двуглавого щипали |
| 3. Гроза двенадцатого года | 3. Остервенение народа |
| 4. Но Бог помог – стал ропот ниже | 4. Мы очутились в Париже |
| 5. И чем жирнее, тем тяжеле | 5. Скажи, зачем ты в самом деле |
| 6. Авось, о Шиболет народный | 6. Но стихоплет великородный |
| 7. Авось, аренды забывая | 7. Авось по манью Николая |
| 8. Сей муж судьбы, сей странник бранный | 8. Сей всадник, папою венчанный |
| 9. Тряслися грозно Пиринеи | 9. Безрукий князь друзьям Мореи |
| 10. Я всех уйму с моим народом | 10. А про себя и в ус не дует |
| 11. Потешный полк Петра Титана | 11. Предавших некогда тирана |
| 12. Россия присмирела снова | 12. Но искра пламени иного |
| 13. У них свои бывали сходки | 13. Они за рюмкой русской водки |
| 14. Витийством резким знамениты | 14. У беспокойного Никиты |
| 15. Друг Марса, Вакха и Венеры | 15. Свои решительные меры |
| 16. Так было над Невою льдистой | 16. Блестит над каменкой тенистой |
| 17. Плешивый щеголь, враг труда | 17. Над нами царствовал тогда |
| 18. Когда не наши повара | 18. У Бонапартова шатра |
| 19. Настала – кто тут нам помог? | 19. Барклай, зима иль русский бог? |
| 20. И скоро силою вещей | 20. А русский царь главой царей |
| 21. О русский глупый наш народ | 21. |
| 22. Тебе б я оду посвятил | 22. Меня уже предупредил |
| 23. Ханжа запрется в монастырь | 23. Семействам возвратит Сибирь |
| 24. Пред кем унизились цари | 24. Исчезнувший как тень зари |
| 25. Волкан Неаполя пылал | 25. Из Кишинева уж мигал |
| 26. Наш царь в конгрессе говорил | 26. Ты Александровский холоп(?) |
| 27. Дружина старых усачей | 27. Свирепой шайке палачей |
| 28. И пуще царь пошел кутить | 28. Уж издавна, может быть |
| 29. Они за чашею вина | 29. |
| 30. Сбирались члены сей семьи | 30. У осторожного Ильи |
| 31. Тут Лунин дерзко предлагал | 31. И вдохновенно бормотал |
| 32. Но там, где ранее весна | 32. И над холмами Тульчина |

Хозяин пушкинского автографа – научный руководитель Трубачевского профессор Бауэр – считает шифр очень сложным. Расшифровать его он не может даже с помощью друзей и специалистов: «Жигалеву покойному дал ... Долго сидел, ел тут очень много, водку пил, потом какого-то спившегося криптографа из бывшего сысского отделения привел – и все-таки ничего не понял».

Чистой воды гуманитарии, герои Каверина, конечно, преувеличивают сложность проблемы. Любопытный школьник, а тем более криптограф, пусть даже спившийся, увидит структуру пушкинского шифра, аналогичную шифру «Альбам», или простой литерее. Подстановка вида

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & \dots & 15 & 16 \\ 17 & 18 & 19 & \dots & 31 & 32 \end{pmatrix}$$

позволяет определить по первой и второй колонке текста порядок строк. Первая и семнадцатая строки в первой колонке определяют первые две строчки в первой строфе, а первая и семнадцатая строки во второй колонке определяют третью и четвертую строчки в первой строфе. Соответственно, вторая и восемнадцатая строчки в первой и второй колонках определяют вторую строфу и т.д.

В романе студенту Николаю Трубачевскому через несколько недель размышлений удалось восстановить неоконченную десятую главу «Евгения Онегина». Он неожиданно увидел, что «можно было начать с любого

стиха и ровно через шестнадцать строк найти продолжение. Это и был шифр». По-существу, открытие Трубачевского заключалось в том, что последовательность строк соответствует принципу организации шифра Цезаря. Описание подстановок, определяющих последовательность строк в главе, можно предоставить учащимся как самостоятельное упражнение.

В заключение хотелось бы заметить, что приведенные примеры зашифрованных сообщений могут быть использованы и для изучения других разделов программы, связанных с изучением в школе элементов дискретной математики, а именно – основ элементарной комбинаторики и теории вероятностей и математической статистики.

В самом деле, некоторые простые методы анализа шифров, описываемых подстановками, могут быть изучены с помощью формул числа перестановок, сочетаний и размещений. Что же касается простейших элементов теории вероятностей и математической статистики, то они могут быть проиллюстрированы с помощью методов дешифрования, основанных на том, что подстановочные шифры сохраняют частотные характеристики исходного текста. Такой метод описывается, например, в рассказах Артура Конан Дойля «Пляшущие человечки» и Эдгара По «Золотой жук» [7].

Идея подобного подхода к иллюстрациям понятий и методов дискретной математики представляется тем более перспективной, что облегчает решение задачи обеспечения преемственности школьного и вузовского курсов, крайне важной потому, что уже на младших курсах высших учебных заведений студент сталкивается с необходимостью использования дискретного анализа при рассмотрении не только дискретных функций, но и дискретных процессов в экономике и технике, а также при изучении моделей, в которых требуется учесть какие-либо логические взаимосвязи.

Не менее важен принцип обеспечения связи непрерывного математического аппарата с дискретным при изучении курса дискретной математики в высшем учебном заведении [2]. Эта идея явилась базовой при подготовке учебного пособия одним из авторов этой статьи [8] [9].

Основными примерами подобных связей, реализованными в этой монографии, являются:

1. Сопоставление методов решения задачи классической интерполяции с методами построения многочленов Жегалкина для булевых функций.

2. Погружение множества решений системы булевых уравнений в полиэдр и соответственно в выпуклый многогранник, что позволяет сопоставить задачу решения системы булевых уравнений с задачами целочисленного линейного программирования.

При описании этих связей студентам предлагается рассмотреть естественные, но весьма важные, прикладные задачи: анализ универсального преобразователя с n двоичными входами и одним двоичным выходом, анализ и настройка формального нейрона, а также изучение свойств электронных коммутаторов.

Список литературы

1. Рыбников К.К. Элементы численного дискретного анализа в подготовке преподавателей математики. Связь непрерывного и дискретного. // Материалы Всероссийской науч. конф. «Гуманитаризация среднего и высшего математического образования: методология, теория и практика». Ч. 2. – Саранск: МГПИ. – 2002. – С. 132–135.
2. Журавлева О.Н., Ласковая Т.А., Рыбников К.К. Связь непрерывного и дискретного в математическом образовании. // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. – 2003. – №1(26). – С. 93–97.
3. Александров П.С. Введение в теорию групп. Библиотека учителя по математике и физике – М.: Учпедгиз. – 1939.
4. Крутихина М.В. Знакомство с математическим моделированием на уровнях алгебры основной школы. // Материалы Всероссийской науч. конф. «Гуманитаризация среднего и высшего математического образования: методология, теория и практика». Ч. 2. – Саранск: МГПИ. – 2002. – С. 135–139.
5. Бабаш А.В., Шанкин Г.П. История криптографии. Т.1. – М.: Гелиос АРВ. – 2002. – 240 с.
6. Бабаш А.В., Шанкин Г.П. Криптография. – М.: Солон-Р, 2000. – 511 с.
7. Введение в криптографию /под общ. Ред. В.В. Яценко. Гл.7. – М.: МЦНМО, «ЧеРо». – 1998. – 272 с.
8. Рыбников К.К. Дискретная математика. Часть 1. Конечные алгебраические структуры и функции – М.: МГУЛ, 2003 – 124 с.
9. Рыбников К.К. Дискретная математика. Часть 2. Методы решения экстремальных дискретных задач. – М.: МГУЛ, 2004 – 126 с.

К ВОПРОСУ О СЛОЖНОСТИ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ БУЛЕВЫХ УРАВНЕНИЙ

С.П. ГОРШКОВ, *сотрудник объединения «ТВП»*

Необходимость исследования и решения систем булевых уравнений возникает в ряде задач дискретной математики и криптографии. Применение теории *NP*-полных задач для оценки сложности решения систем булевых уравнений позволяет находить быстрые (полиномиальные) алгоритмы решения или обосновывать высокую трудоемкость алгоритмов решения исследуемых систем.

Определение 1

Пусть $F = \{ f_j(x_1, \dots, x_{k_j}) \mid j \in J \}$ – некоторый набор булевых функций $X = \{ x_i \mid i \in N \}$. Символом $[F]_{NC}$ обозначим класс всевозможных систем уравнений, каждое уравнение которых имеет следующую структуру: правая часть равна 1, левая часть есть функция из набора F , переменные выбираются из множества X ; другие ограничения на системы класса $[F]_{NC}$ не накладываются. Так, если $\{ f_j(x_1, \dots, x_k) \mid j=1, \dots, d \}$ – конечный набор булевых функций, то системы класса $[F]_{NC}$ имеют вид

$$\{ f_{s_i}(x_{s_{i2}}, \dots, x_{s_{ik}}) = 1, i=1, \dots, m, \quad (1)$$

где $m \in N$, $f_{s_i} \in F$, $x_{s_{ij}} \in X$, $i=1, \dots, m$, $j=1, \dots, k$.

Классы систем уравнений вида $[F]_{NC}$ будем называть *классами систем булевых уравнений без ограничений на выбор неизвестных*.

Пример. Задача «3-выполнимость КНФ» [8] полиномиально эквивалентна задаче распознавания систем булевых уравнений вида $\{ x_{s_{i1}}^{\delta_{i1}} \vee x_{s_{i2}}^{\delta_{i2}} \vee x_{s_{i3}}^{\delta_{i3}} = 1, i=1, \dots, m$, которая есть задача $sat([F]_{NC})$ при порождающем наборе

$$F = \{ x_1 \vee x_2 \vee x_3, \overline{x_1} \vee \overline{x_2} \vee \overline{x_3}, \overline{x_1} \vee x_2 \vee \overline{x_3}, \overline{x_1} \vee \overline{x_2} \vee x_3 \}.$$

Пусть R – некоторый класс систем уравнений (например, $R = [F]_{NC}$ для некото-

рого набора булевых функций F), B_n – n -мерное пространство булевых векторов, $n \in N_0$.

Вектор $(\alpha_1, \dots, \alpha_n) \in B_n$ называется *решением системы* $S(x_{q_1}, \dots, x_{q_n})$, если при подстановке в систему S значений $x_{q_i} = \alpha_i$, $i=1, \dots, n$, все уравнения обращаются в верные равенства. Множество всех решений системы $S(x_{q_1}, \dots, x_{q_n})$ обозначим $sol(S(x_{q_1}, \dots, x_{q_n}))$ (при этом $sol(S) \subseteq B_n$).

Определение 2

Определим некоторые задачи, связанные с решением систем уравнений.

1. *Задача распознавания совместности систем класса R.*

Условие. Задана система $S \in R$.

Вопрос. Верно ли, что $|sol(S)| > 0$? (Ответ «Да», если $|sol(S)| > 0$, ответ «Нет» в противном случае).

2. *Задача определения числа решений систем класса R.*

Условие. Задана система $S \in R$.

Вопрос. Какова мощность множества $sol(S)$?

3. *Задача решения систем класса R.*

Условие. Задана система $S \in R$.

Вопрос. Чему равно множество $sol(S)$?

Задачи 1-3 обозначим соответственно $sat(R)$, $enu(R)$, $sol(R)$.

Определение 3

Булева функция $f(x_1, \dots, x_k)$ называется:

1) *мультиаффинной*, если существует представление функции f в виде конъюнкции аффинных функций:

$$f \equiv \bigwedge_{i=1}^t (\alpha_{i1}x_1 \oplus \dots \oplus \alpha_{ik}x_k \oplus \alpha_0), \quad (2)$$

где $\alpha_{ij} \in \{0, 1\}$, $i=1, \dots, t$, $j=0, \dots, k$;

2) *бионктивной*, если существует представление функции f в виде следующей конъюнктивной нормальной формы (КНФ)

$$f \equiv \bigwedge_{i=1}^t (x_{s_{i1}}^{\alpha_{i1}} \vee x_{s_{i2}}^{\alpha_{i2}}), \quad (3)$$

где $\alpha_{ij} \in \{0,1\}$, $i = 1, \dots, t, j = 1, 2$;

3) *слабо положительной*, если существует представление f в виде следующей КНФ

$$f \equiv \bigwedge_{i=1}^t (x_{s_{i1}}^{\alpha_i} \vee x_{s_{i2}} \vee \dots \vee x_{s_{ik_i}}), \quad (4)$$

где $\alpha_i \in \{0,1\}$, $i = 1, \dots, t$;

4) *слабо отрицательной*, если существует представление f в виде следующей КНФ

$$f \equiv \bigwedge_{i=1}^t (x_{s_{i1}}^{\alpha_i} \vee \bar{x}_{s_{i2}} \vee \dots \vee \bar{x}_{s_{ik_i}}), \quad (5)$$

где $\alpha_i \in \{0,1\}$, $i = 1, \dots, t$;

5) *0-выполнимой*, если $f(0, \dots, 0) = 1$;

6) *1-выполнимой*, если $f(1, \dots, 1) = 1$.

Множество всех функций соответственно классов 1)-6) обозначим $A, Bi, WP, WN, 0-S, 1-S$.

Теорема 1

[15]. В случае выполнения для конечного набора F хотя бы одного из включений

$$F \subset A, F \subset Bi, F \subset WP, F \subset WN, \\ F \subset 0-S, F \subset 1-S \quad (6)$$

задача $sat([F]_{NC})$ распознавания совместности систем класса $[F]_{NC}$ является полиномиальной. Если не выполняется ни одно из включений (6) и все функции набора F не равны тождественно нулю, то задача $sat([F]_{NC})$ является NP полной.

Замечание. Отметим, что при $F \subset 0-S$ или $F \subset 1-S$ все системы класса $[F]_{NC}$ совместны (имеют решения, состоящие из одних единиц или одних нулей). То есть в этом случае совместность тривиальная. Оказывается эту тривиальную совместность можно исключить.

Теорема 2

В случае выполнения для конечного набора F хотя бы одного из включений

$$F \subset A, F \subset Bi, F \subset WP, F \subset WN \quad (7)$$

задача $sat([F]_{NC})$ распознавания совместности систем класса $[F]_{NC}$ является полиномиальной. Если не выполняется ни одно из включений (7), то при исключении тривиальных решений, состоящих из одних нулей или одних единиц, задача $sat([F]_{NC})$ является NP -полной.

Для изучения сложности задачи $sol([F]_{NC})$ введем следующее определение.

Определение 4

Класс систем уравнений R назовем *полиномиально решаемым*, если: 1) задача $sat(R)$ полиномиальна, 2) существует алгоритм D и полином $p(n)$, такие, что для всякой совместной системы $S \in R$ алгоритм D последовательно, без повторений находит все решения $sol(S)$, причем сложность получения первого и каждого очередного t -ого решения после получения $(t-1)$ -го решения не более $p(len(S))$, 3) в ходе работы алгоритму D требуется память $p(len(S))$.

Определение 5

Класс систем уравнений R назовем *замкнутым относительно фиксации переменных*, если при фиксации любым способом любых переменных любой системы $S \in R$ получаем систему из класса R .

Теорема 3

Пусть R – класс систем уравнений, замкнутый относительно фиксации переменных, задача $sat(R)$ – полиномиальна. Тогда класс систем уравнений R является полиномиально решаемым.

Теорема 4

Если для конечного набора булевых функций F обеспечивается выполнение хотя бы одного из включений (7), то класс систем уравнений $[F]_{NC}$ является полиномиально решаемым.

Теорема 5

Если для конечного набора F выполняется включение $F \subset A$, то задача $enu([F]_{NC})$ определения числа решений систем класса $[F]_{NC}$ является полиномиальной. В случае $F \not\subset A$ задача $enu([F]_{NC})$ является $\#P$ -полной (труднорешаемой).

Результаты теорем 1, 2, 4, 5 дают следующую общую картину для классов систем уравнений без ограничения на выбор неизвестных.

Если все функции порождающего набора F являются мультиаффинными (системы класса $[F]_{NC}$ эквивалентны системам линейных уравнений), $F \subset A$, то задачи распознавания совместности и определения числа решений систем класса $[F]_{NC}$ полиномиальны, класс систем уравнений $[F]_{NC}$ является полиномиально решаемым.

В случае, когда $F \not\subset A$, но выполняется хотя бы одно из включений $F \subset Bi$, $F \subset WP$, $F \subset WN$, то возникает следующая интересная картина: задача $sat([F]_{NC})$ полиномиальна, класс систем уравнений $[F]_{NC}$ является полиномиально решаемым, а задача определения числа решений является $\#P$ -полной (труднорешаемая).

Если $F \not\subset A$, $F \not\subset Bi$, $F \not\subset WP$, $F \not\subset WN$, то задача выяснения существования нетривиальных решений (тривиальные решения состоят из одних нулей или одних единиц) систем класса $[F]_{NC}$ является NP -полной, задача $enu([F]_{NC})$ является $\#P$ -полной, класс систем уравнений $[F]_{NC}$ не является полиномиально решаемым (в предположении $P \neq NP$).

Приведем некоторые свойства функций классов A , Bi , WP , WN . Для задач распознавания свойств булевых функций

$$f \in A, f \in Bi, f \in WP, f \in WN \quad (8)$$

справедливы следующие оценки сложности.

Теорема 6

Задачи (8) при задании булевых функций в виде КНФ или ДНФ являются NP -трудными.

Теорема 7

Задачи (8) при задании булевых функций в виде СКНФ, или СДНФ, или многочленом Жегалкина являются полиномиальными.

Теорема 8

Для числа функций классов A , Bi , WP , WN , зависящих от k переменных, справедливы следующие оценки

$$8,76 \cdot 2^{k(k+4)/4} \cdot (1 - 2^{-(k-6)/2}) < |A_k| < 8,77 \cdot 2^{k(k+4)/4},$$

$$2^{k(k-1)/2} < |Bi_k| < 2^{k^2},$$

$$\log_2 |WP_k| = \left(\left\lfloor \frac{k}{2} \right\rfloor \right) (1 + O(k^{-1/4} \log_2 k)),$$

$$|WN_k| = |WP_k|.$$

Определение 6

Для набора булевых функций F обозначим $F \oplus 1 = \{f_i | f_i \oplus 1\}$. Системы из класса $[F, F \oplus 1]_{NC}$ называются *системами с произвольной правой частью*. Булеву функцию $f(x_1, \dots, x_k)$ назовем :

- 1) *дважды мультиаффинной*, если $\{f, f \oplus 1\} \subset A$,
- 2) *дважды биюнктивной*, если $\{f, f \oplus 1\} \subset Bi$,
- 3) *дважды слабо положительной*, если $\{f, f \oplus 1\} \subset WP$,
- 4) *дважды слабо отрицательной*, если $\{f, f \oplus 1\} \subset WN$.

Множество всех функций соответственно классов 1)-4) обозначим $2A$, $2Bi$, $2WP$, $2WN$. Из теоремы 1 непосредственно следует

Теорема 9

Если для конечного набора булевых функций F выполняется хотя бы одно из включений

$$F \subset 2A, F \subset 2Bi, F \subset 2WP, F \subset 2WN, \quad (9)$$

то задача $sat([F, F \oplus 1]_{NC})$ полиномиальна. В случае невыполнения ни одного из включений (7) задача $sat([F, F \oplus 1]_{NC})$ является NP -полной.

Легко показывается, что $2A=L$, где L – множество аффинных булевых функций.

Теорема 10

Дважды биюнктивные функции существенно зависят не более, чем от четырех переменных.

Может быть дано точное описание дважды биюнктивных и дважды слабо положительных (дважды слабо отрицательных) функций, из которых, в частности, следует, что

$$\log_2(|2WP_k|) = k \cdot \log_2 k \cdot (1 + o(1)).$$

Из результатов, относящихся к изучению булевых функций, принадлежащих двум или более классам из A, Bi, WP, WN , выделим следующие.

Теорема 11

Классы функций $M_i, i = 1, \dots, 5$ (см. ниже) описывают все пересечения классов A, Bi, WP, WN ,

$$\begin{aligned} M_1 &= A \cap WP = A \cap WN = A \cap Bi \cap WP = \\ &= A \cap Bi \cap WN = A \cap WP \cap WN = \\ &= A \cap Bi \cap WP \cap WN. \end{aligned}$$

$$M_2 = A \cap Bi,$$

$$M_3 = WP \cap WN = Bi \cap WP \cap WN,$$

$$M_4 = Bi \cap WP, M_5 = Bi \cap WN.$$

При этом

$$M_2 \cap M_3 = M_1, M_i \setminus M_1 \neq \emptyset, i=2,3,$$

$$M_j \cap M_2 = M_1, j=4,5,$$

$$M_4 \cap M_5 = M_3, M_j \setminus M_3 \neq \emptyset, j=4,5.$$

Следствие

Функции, принадлежащие двум классам из A, Bi, WP, WN , являются биюнктивными.

Список литературы

1. Алексеев В.Б. О числе семейств подмножеств, замкнутых относительно пересечения // Обзорное прикл. промышл. матем. Сер. Дискретная математика. – 1989. – Т. 1. – Вып. 2.

2. Ахо А., Хопкрофт Дж., Ульман Дж. Построение и анализ вычислительных алгоритмов. – М.: Мир, 1979.

3. Гизунов С.А., Носов В.А. О классификации всех булевых функций 4-х переменных по классам Шефера // Обзорное прикл. промышл. матем. Сер. Дискретная математика. – 1995. – Т. 2. – Вып. 3.

4. Горшков С.П. Применение теории NP-полных задач для оценки сложности решения систем булевых уравнений // Обзорное прикл. промышл. матем. Сер. Дискретная математика. – 1995. – Т. 2. – Вып. 3.

5. Горшков С.П. О сложности распознавания мультиаффинности, биюнктивности, слабой положительности и слабой отрицательности булевых функций // Обзорное прикл. промышл. матем. Сер. Дискретная математика. – 1997. – Т. 4. – Вып. 2.

6. Горшков С.П. О пересечении классов мультиаффинных, биюнктивных, слабо положительных и слабо отрицательных булевых функций // Обзорное прикл. промышл. матем. Сер. Дискретная математика. – 1997. – Т. 4. – Вып. 2.

7. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. – М.: Мир, 1982.

8. Кук С.А. Сложность процедур вывода теорем // Кибернетический сборник (новая серия). – М.: Мир, 1975.

9. Шоломов Л.А. Основы теории дискретных логических и вычислительных устройств. – М.: Наука, 1980.

10. Яблонский С.В. Введение в дискретную математику. – М.: Наука, 1986.

11. Fraenkel A., Yesha Y. Complexity of solving algebraic equations. - Information, Processing, Letters, 1980, v.10, n.4-5.

12. Hellman M.E. A criptanalytic time-memory trade off. - Transactions on Information Theory, 1980, IT-26, n.4.

13. Monien B., Speckenmeyer E. Solving satisfiability in less than 2^n steps. - Discrete Applied Mathematics, 1985, n.10.

14. Rudeanu S. Boolean functions and equations. - Amsterdam-London, 1974.

15. Schaefer T. Complexity of satisfiability problems. - 10 Annual ACM Symposium on Theory of Computing Machinery, 1978.

16. Tovey C.A. Simplified NP-complete satisfiability problems. - Discrete Applied Mathematics, 1984, n.8.

17. Valiant L. The complexity of enumeration and reliability problems. - SIAM Journal on Computing, 1979, v.8, n.3.

РЕГИСТРЫ СДВИГА С ЧЕЗАРОВСКИМ ВХОДОМ

С.Ю. МЕЛЬНИКОВ, «Стэл – компьютерные системы», канд. физ.-мат. наук

Бесконечная последовательность символов конечного алфавита называется чезаровской, если существуют пределы относительных частот встречаемости произвольных мультиграмм в ее растущих начальных отрезках. В работе [1] изучались условия, при которых выходная последовательность конечного автомата, перерабатывающего чезаровскую последовательность, является чезаровской. Такие условия связаны со строением многогранников, характеризующих статистические свойства конечных автоматов. В настоящей работе этот подход развивается для случая, когда в качестве автомата выступает двоичный регистр сдвига.

1. Регистры сдвига и чезаровские последовательности

Двоичный регистр сдвига – это автомат Мура, входной и выходной алфавиты которого есть множества $X=Y=\{0,1\}$, множество состояний $S = \{0,1\}^n$, функция выходов есть $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, а функция переходов имеет вид $h((x_1, x_2, \dots, x_n), x) = (x_2, x_3, \dots, x_n, x)$. Такой автомат будем обозначать A_f .

В статьях [2-5] и ряде других работ изучались вопросы, связанные с задачей решения систем уравнений рекуррентного типа

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = y_1$$

$$\dots$$

$$f(x_N, x_{N+1}, \dots, x_{N+n-1}) = y_N,$$

где $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – булева или k -значная функция. Эти исследования связаны с изучением особенностей переработки входной последовательности регистрами A_f , использующими различные выходные функции.

В [1] и [6] был введен ряд определений и обозначений, связанных с чезаровскими последовательностями и многогранниками автоматов. Приведем их

здесь, ограничиваясь случаем двоичного алфавита и автомата A_f .

Множество всех бесконечных двоичных последовательностей обозначим Ω ,

$$\Omega = \{\omega = w_1 w_2 \dots \mid w_t \in \{0,1\}, t = 0,1, \dots\}.$$

Через $\{0,1\}^*$ обозначим множество всех двоичных слов. Для каждого слова $\alpha \in \{0,1\}^*$, $\alpha = a_1 a_2 \dots a_{m-1}$, где $a_i \in \{0,1\}$, определим цилиндр

$$[\alpha] = [a_1 a_2 \dots a_{m-1}] = \{\omega = w_0 w_1 \dots$$

$$\dots \mid w_0 = a_0, w_1 = a_1, \dots, w_{m-1} = a_{m-1}\} \subset \Omega.$$

Характеристическую функцию произвольного подмножества $F \subset \Omega$ будем обозначать I_F :

$$I_F(\omega) = \begin{cases} 1, & \text{если } \omega \in F \\ 0, & \text{если } \omega \notin F \end{cases}.$$

Вместо $I_{[\alpha]}$ будем писать просто I_α .

Определим отображение T («сдвиг последовательности»), $T: \Omega \rightarrow \Omega$ соотношением $T: \omega = w_0 w_1 \dots \rightarrow \omega T = w_1 w_2 \dots$

Запись $I_\alpha(\omega T^t) = 1$ означает таким образом, что $w_t = a_0, w_{t+1} = a_1, \dots, w_{t+m-1} = a_{m-1}$

Слово α – чезаровское для ω , если существует предел

$$p_\alpha(\omega) = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} \sum_{j=0}^{t-1} I_\alpha(\omega T^j). \quad (1)$$

Величину $p_\alpha(\omega)$ можно интерпретировать как среднюю частоту встречаемости слова α в последовательности ω .

Последовательность ω – l -чезаровская, если все двоичные слова длины меньшей или равной l являются для нее чезаровскими. Класс l -чезаровских последовательностей будем обозначать $\Sigma^{(l)}$. Последовательность назовем чезаровской, если произвольное двоичное слово является для нее чезаровским. Класс чезаровских после-

довательностей обозначим Σ . Очевидно, выполняются включения:

$$\Sigma^{(1)} \supseteq \Sigma^{(2)} \supseteq \dots \supseteq \Sigma.$$

Автомат эргодический ([1]), если, начиная работать из произвольного начального состояния, он перерабатывает произвольную чезаровскую последовательность в чезаровскую последовательность.

Автоматом с конечным запоминанием называется автомат, обладающий тем свойством, что для любого его начального состояния и произвольного входного слова последняя буква выходного слова зависит только от последних n знаков входного слова. В [1] показано, что такие автоматы являются эргодическими. Поэтому справедливо утверждение: двоичный регистр сдвига A_f является эргодическим автоматом.

2. Многоугольники булевых функций

Предположим, что A_f перерабатывает $(0,1)$ – последовательность $\chi = (x_1, x_2, \dots)$ в $(0,1)$ – последовательность $\gamma = (y_1, y_2, \dots)$.

Если $\chi \in \Sigma^{(n)}$, то в этом случае γ –

1-чезаровская. Значение предела $\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} y_i$,

которое мы будем обозначать $\pi_f(\chi)$, не зависит от начального состояния регистра.

Значение предела $\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_i$ мы будем обозначать $p(\chi)$. Числа $p(\chi)$ и $\pi_f(\chi)$ будем

интерпретировать как средние частоты встречаемости единиц во входной и выходной последовательностях соответственно. Обозначим $z_{A_f}(\chi) = (p(\chi), \pi_f(\chi))$.

В силу эргодичности автомата A_f , согласно результатам [1], множество точек плоскости $Z_{A_f}(\Sigma)$ является выпуклым многоугольником, который определяется функцией f . Примем для этого многоугольника обозначение R_f и будем называть его *многоугольником булевой функции f* .

Покажем, что для рассматриваемого автомата в представлении $R_f = Z_{A_f}(\Sigma)$ множество Σ можно заменить его подмножеством $\Sigma^{(n)}$. Для доказательства соответствующего результата нам потребуется теорема из теории пределов, принадлежащая Теплицу ([7], п.391).

Теорема 1 (Теплиц)

Предположим, что коэффициенты t_{nm} ($1 \leq m \leq n$) бесконечной «треугольной» матрицы

$$\begin{matrix} t_{1 \ 1} \\ t_{2 \ 1} \ t_{2 \ 2} \\ t_{3 \ 1} \ t_{3 \ 2} \ t_{3 \ 3} \\ \dots \\ t_{n \ 1} \ t_{n \ 2} \ t_{n \ 3} \dots t_{n \ n} \\ \dots \end{matrix}$$

удовлетворяют трем условиям:

а. Элементы, стоящие в любом столбце, стремятся к нулю:

$$t_{nm} \rightarrow 0 (m \text{ фиксировано});$$

б. Суммы абсолютных величин элементов, стоящих в любой строке, ограничены все одной постоянной:

$$|t_{n1}| + |t_{n2}| + \dots + |t_{nn}| \leq K;$$

в. $t_{n \ 1} + t_{n \ 2} + \dots + t_{n \ n} \rightarrow 1$ при $n \rightarrow \infty$.

Тогда, если для последовательности x_n , $n = 1, 2, \dots$ имеет место $x_n \rightarrow a$ (a конечно), то также и $x_1 t_{n \ 1} + x_2 t_{n \ 2} + \dots + x_n t_{n \ n} \rightarrow a$.

Теорема 2

Справедливо равенство

$$R_f = Z_{A_f}(\Sigma^{(n)}).$$

Доказательство

Включение $R_f = Z_{A_f}(\Sigma) \subseteq Z_{A_f}(\Sigma^{(n)})$ вытекает из включения $\Sigma \subseteq \Sigma^{(n)}$.

Поскольку вершины выпуклого многоугольника R_f принадлежат множеству $Z_{A_f}(\Sigma^{(n)})$, для доказательства обратного

включения достаточно показать выпуклость множества $Z_{A_f}(\Sigma^{(n)})$.

Пусть $\chi_i = (x_0^{(i)}, x_1^{(i)}, \dots) \in \Sigma^{(n)}$, $z(\chi_i) = (p^{(i)}, \pi^{(i)})$, $i = 1, 2$. Пусть $\lambda \in (0, 1)$. Доказательство состоит в построении последовательности $\chi \in \Sigma^{(n)}$ такой, что $z(\chi) = \lambda z(\chi_1) + (1 - \lambda)z(\chi_2)$. Пусть m_k, l_k – натуральные числа, $m_k, l_k \rightarrow \infty$, $m_k/l_k \rightarrow \lambda$ при $k \rightarrow \infty$. Кроме того, предположим, что последовательность l_k удовлетворяет условиям:

$$l_k \geq k, \frac{l_k}{l_1 + l_2 + \dots + l_k} \rightarrow 0. \quad (2)$$

Последнее условие равносильно расходимости ряда $\sum_{j=1}^{\infty} \varepsilon_1 \varepsilon_2 \dots \varepsilon_j$, где $\varepsilon_k = \frac{l_k - 1}{l_k}$ и выполнено, в частности, если l_k есть полином от k .

Обозначим $L(k) = \sum_{j=1}^k l_j$, ($L(0) = 0$) и по-

ложим

$$x_i = \begin{cases} x_{i-L(k)}^{(1)}, & \text{если } L(k) \leq i < L(k) + m_k; \\ x_{i-L(k)}^{(2)}, & \text{если } L(k) + m_k \leq i < L(k+1). \end{cases}$$

Обозначим для краткости:

$$p_k^{(1)} = \frac{1}{m_k} \sum_{j=0}^{m_k-1} x_j^{(1)},$$

$$p_k^{(2)} = \frac{1}{l_k - m_k} \sum_{j=0}^{l_k - m_k - 1} x_j^{(2)},$$

$$t_{kj} = \frac{l_j}{L(k)}, \quad \lambda_k = \frac{m_k}{l_k}.$$

Тогда имеем:

$$\begin{aligned} \frac{1}{L(k)} \sum_{j=0}^{L(k)-1} x_j &= \frac{1}{L(k)} \sum_{j=1}^k \left\{ \sum_{i=0}^{m_j-1} x_i^{(1)} + \sum_{i=0}^{l_j - m_j - 1} x_i^{(2)} \right\} = \\ &= \frac{1}{L(k)} \sum_{j=1}^k l_j \left\{ \frac{m_j}{l_j} p_j^{(1)} + \frac{l_j - m_j}{l_j} p_j^{(2)} \right\} = \\ &= \sum_{j=1}^k t_{kj} \{ \lambda_j p_j^{(1)} + (1 - \lambda_j) p_j^{(2)} \}. \end{aligned}$$

Поскольку $t_{kj} \rightarrow 0$ при $k \rightarrow \infty$,

$\sum_{j=1}^k t_{kj} = 1$ и по построению λ_j имеет место $\lambda_j p_j^{(1)} + (1 - \lambda_j) p_j^{(2)} \rightarrow \lambda p^{(1)} + (1 - \lambda) p^{(2)}$, то к

рассматриваемой сумме применима теорема Теплица, согласно которой при $k \rightarrow \infty$

$$\sum_{j=1}^k t_{kj} \{ \lambda_j p_j^{(1)} + (1 - \lambda_j) p_j^{(2)} \} \rightarrow \lambda p^{(1)} + (1 - \lambda) p^{(2)}.$$

Пусть теперь $L(k) < N < L(k+1)$. Пользуясь (2), нетрудно показать, что при $k \rightarrow \infty$

$$\frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} x_j - \frac{1}{L(k)} \sum_{j=0}^{L(k)-1} x_j \rightarrow 0.$$

Это означает, что

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} x_j = \lambda p^{(1)} + (1 - \lambda) p^{(2)}.$$

Доказательство того, что $\chi \in \Sigma^{(n)}$ и

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} y_j = \lambda \pi^{(1)} + (1 - \lambda) \pi^{(2)},$$

проводится аналогично. Поскольку на отрезке длины $L(k)$ имеется $2k - 1$ «склеивание», то на стыках последовательностей исказится не более $2n(2k - 1)$ значений функции $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$. В силу (2) такое количество искажений не повлияет на значение предела.

Список литературы

1. Мельников С.Ю. О переработке конечными автоматами чезаровских последовательностей // Вестник Московского государственного Университета леса – Лесной вестник. – 2004. – № 1 (32). – С. 169–174.
2. Сумароков С.Н. Запреты двоичных функций и обратимость для одного класса кодирующих устройств // Обзорение прикл. и пром. мат. Сер. Дискретная математика. – 1994. – Т.1 – Вып. 1.
3. Смирнов В.Г. Системы булевых уравнений рекуррентного типа // Обзорение прикл. и пром. мат. Сер. Дискретная мат. – 1995. – Т. 2 – Вып. 3. – С. 477–482.
4. Никонов В.Г., Никонов Н.В. Запреты k-значных функций и их связь с проблемой разрешимости систем уравнений специального вида // Вестник РУДН. Прикладная и компьютерная математика. – 2003. – Т. 2. – № 1.
5. Колесников О.В. Использование запретов двоичных функций при решении систем уравнений // Обзорение прикл. и пром. мат. Сер. Дискретная мат. – 1995. – Т.2 – Вып. 3. – С. 483–493.
6. Мельников С.Ю. «Многогранники, характеризующие статистические свойства конечных автоматов» // Труды по дискретной математике. – 2003. – Т. 7. – С. 126–137.
7. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Т. 2. – М.: Наука, 1969. – 800 с.

ЭСТЕТИКА И ИНЖЕНЕР–ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ

А.М. ВОЛОБАЕВ, *проф., зав. каф. МуОК МГУЛа, канд. техн. наук*

Тема «эстетика и инженерия» рассматривается здесь в двух аспектах: историческом (об истоках гармонии предметного мира) и практическом (о необходимых в вузе шагах, призванных восстановить эту первоначальную гармонию).

История техники ведет свое начало с античных времен, когда машины заменяли силу домашних животных, когда на них смотрели как на биологический аналог человека и животного, что способствовало сближению «механического» и «человеческого».

Вот несколько разрозненных, на первый взгляд, фактов.

В тексте поэмы «Илиада» Гомера (которой 2,5 тысячи лет), есть упоминание о том, что бог кузнечного дела Гефест пытался свою хромоту сгладить с помощью механических приспособлений.

В десятой книге «Метаморфоз» Овидия есть легенда о скульпторе Пигмалионе, создавшем статую прекрасной девушки, в которую богиня любви Афродита по его просьбе вдохнула жизнь.

Друг философа Платона, военачальник Архит Тарентский, создал летающего голубя.

В своем сочинении «Театр автоматов» Герон Александрийский (живший то ли в I веке н.э., то ли двумя веками раньше), описывает храмовые и театральные автоматы. По его словам, представления с участием таких механических «артистов» «пользовались большой любовью, ...потому что в устройстве их проявлялось много МЕХАНИЧЕСКОГО ИСКУССТВА...».

Что общего в этих фрагментах? Первое – это то, что создателем каждого из описанных устройств был ОТДЕЛЬНЫЙ МАСТЕР, а не конструкторское бюро, и второе – то, что всем этим устройствам было свойственно МЕХАНИЧЕСКОЕ, НО ...ИСКУССТВО.

Это и был ключ к созданию техники тех и более поздних времен, ибо ее создатели были УНИВЕРСАЛАМИ – один и тот же человек являлся одновременно архитектором, механиком, ремесленником, изобретателем, художником. Он создавал проект здания и руководил строительством, для которого сам же и проектировал машины, расписывал стены фресками и украшал скульптурами. Он строил повозки и мосты, мельницы и пруды, крепости и водопроводы.

Первыми машинами в современном смысле слова были мельницы – технологические установки, использовавшие в качестве двигательной силы силу ветра, воды, животных. Мельницами назывались не только мукомольные агрегаты, но и лесопилки, бумагоделательные, сукновальные машины. Это были крупные архитектурно-инженерные сооружения, *здания-машины*, поэтому при проектировании естественным являлся синтез архитектуры, конструкторских, строительных, инженерных навыков. Фактически их проектировщик являлся ДИЗАЙНЕРОМ древности. Средневековый дизайнер, будучи цеховым мастером, передавал своим ученикам знания, навыки, приемы (зачастую по секрету). Огромную роль при создании новых дизайн-объектов (а практически каждый из них был новым, оригинальным), играла ТВОРЧЕСКАЯ ФАНТАЗИЯ художника – общая черта и эстетического, и научного, и технического творчества.

Еще в XIII веке ученый из Каталонии Раймонд Луллий предположил, что все знания являются лишь частными случаями ВСЕОБЩЕЙ НАУКИ, названной им ВЕЛИКИМ ИСКУССТВОМ (кстати, считается, что именно он первым высказал идею создания вычислительной машины). А это предполагает интегральное, целостное воспри-

ятие предметного мира, в котором эстетика (и в том числе эстетика техники) играет одну из ведущих ролей.

Эта мысль высказана и в книге ученого и архитектора Леона Баттиста Альберти (1404–1472 гг.), у которого «главное требование к каждому созидательному объекту – органичное соединение красоты и пользы, в котором польза осмысливает красоту, а красота одухотворяет пользу». И далее: «Прелесть формы никогда не бывает отделена или отчуждена от требуемой пользы».

Здесь необходимо отметить также важность вопроса об отношении общества и государства к вопросам художественного творчества. Исключительное внимание, например, уделялось ему во времена Леонардо да Винчи (1452–1519 гг.), характеризующиеся блестящим расцветом искусств, связанным с духом познания человека, природы, окружающего мира, когда вопросы живописи, архитектуры, эстетики обсуждались в государственных учреждениях наряду с важными политическими вопросами.

Однако в связи с появлением промышленного производства, выделением «чистого искусства», произошла утрата эстетического качества многих утилитарных объектов, в том числе машин (философам хорошо известна эта эволюция).

Отметим лишь, что в середине XIX в. все еще считали, что машину, ставшую товаром, а к тому времени также и символом уродства – машиной-чудовищем (вспомним купринский «Молох»), можно «облагородить» за счет украшений, но сама она красивой быть не может.

Инженерная основа окончательно отделилась от эстетической. Общество психологически не было готово признать возможности эстетической ценности машины как таковой.

Однако нельзя сказать, что таких попыток не было. Об этом писали Франц Рело (1829–1905 гг.), попытавшийся связать технику с культурой, русские профессора П.С. Страхов и Я.В. Столяров.

Если Страхов считал, что красота машины в ее функциональности (как в свое

время Сократ), а эстетика не необходима, а только желательна, то профессор Харьковского технологического института Столяров отмечал, что эстетическое удовлетворение зависит от выраженной целесообразности объекта и ею измеряется. Немецкий профессор-машиностроитель А. Ридлер в начале XX века при выборе формы отводит решающее значение стоимости изделия.

Профессор А.И. Сидоров в 1929 г. пишет, что «строить машины, назначаемые для фабрично-заводской промышленности, «красивыми» не только не должно, но и, наоборот, даже и *не можно*, и что речь об их красоте может идти лишь в тех случаях, когда машины назначаются для пользования широких кругов публики». Он утверждает: ... «Все компоненты должны определяться целесообразностью, а конструктору не должно думать ни о какой красоте форм».

Здесь налицо психологический барьер: «ограниченное понимание целесообразности. Так как красота машины необычна и непривычна; это особая красота, имеющая свои критерии, для которых нет аналогий в искусстве и природе» (Э.Г. Цыганкова).

Мнение проф. Сидорова ошибочно по следующим причинам:

1. Помимо частей, определяемых расчетом, в машине, по определению Рело, есть «формы свободного выбора», а их решать без соответствующих эстетических взглядов и подготовки невозможно.

2. Формы свободного выбора могут оказывать (и оказывают) решающее влияние на выбор потребителя в конкурентной борьбе, резко обострившейся с выпуском машин одного назначения, но разных по дизайну. То есть, помимо, по мнению некоторых, эффекта «эфемерного», возникает мощный эффект экономический.

Пониманию, овладению и «реализации» этой красоты, ставшей мощным рычагом рыночной экономики, и должно учить современного студента, а от так называемого «технократического мышления» следует избавиться.

По словам академика В.П. Зинченко, «оно (технократическое мышление) не явля-

ется неотъемлемой чертой представителей науки вообще и технического знания в частности. Оно может быть свойственно и политическому деятелю, и представителю искусства, и гуманитарии. Технократическое мышление – это мировоззрение, существенными чертами которого являются примат *средства над целью*, частной цели над смыслом и общественными интересами, символа над бытием и реальностями современного мира, техники... над человеком и его ценностями. Технократическое мышление – это Рассудок, которому чужды Разум и Мудрость. Для технократического мышления не существует категории нравственности, совести, человеческого переживания и достоинства (журнал *Техническая эстетика*, 1992, № 7)».

Эстетической подготовке в российских вузах до революции уделялось большое внимание. Наиболее характерен в этом смысле опыт Московского высшего технического училища, готовившего строителей, механиков, технологов. Начиная с 1868 г. полный курс обучения был рассчитан на 9 (!) лет: по 3 года подготовительных, общих и специальных классах.

Круг деятельности выпускников заключался «в производстве строительных работ и сооружений как по части промышленных заводов и фабрик, так и по части путей сообщения и благоустройства городов, а равно в управлении различного рода заводами и фабричными производствами».

Поэтому, например, предмет «Строительное дело», включал курсы строительного искусства и архитектуры. Студент (технического вуза!) рисовал гипсовые фигуры, геометрические тела, орнаменты модели машин и инструментов, украшения, цветы (!). Навыки рисования были обязательными для поступления в первый подготовительный класс.

С 1878 г. черчению и рисованию уделяется еще больше внимания. В течение трех

лет 2 раза в неделю Студенты занимались рисованием лиц и тел людей, пейзажей. Это объяснялось необходимостью *усиления занятий искусством, столь необходимым для техники*. В архитектурном черчении вычерчивались все виды ордеров, выполнялись план, фасад, разрез дома, в том числе деревянного, причем в полутонах и цвете. В курсе строительного искусства давалось представление о формах, стилях и ордерах; завершался курс выполнением проекта, например, столярной мастерской или больницы (!), паровозного депо или жилого дома для рабочих и т.д. Объекты проектировались в комплексе от внешнего вида фабрики, ее экстерьера до интерьера с находящимися в нем, например, деревообрабатывающими машинами. Кстати, в учебных планах довоенных МЛТИ и Киевского ЛТИ, был предмет «Архитектура».

Воспитание художественного вкуса было одним из важнейших принципов инженерной подготовки. Я.В. Столяров говорил, что «истинный конструктор, независимо от его специальности, есть *художник*, ибо талант его представляет своеобразную смесь фантазии и интеллекта, чутья и строгой критики» (ТЭ, 1987, № 7).

Отсутствие ориентации на всестороннее развитие личности студента нашего университета, разобщенность проектных и технологических дисциплин, отсутствие хотя бы небольшой по объему художественной подготовки, минимальный объем лекций по культурологии для будущих инженеров – все это вызывает необходимость и в общей художественно-конструкторской, и в специальной дизайнерской подготовке. Пусть для начала это будет небольшой отряд, но это должны быть специалисты, имеющие как хорошую техническую научную так и эстетическую подготовку.

С 2002 года кафедра МиОК в качестве выпускающей эту сторону подготовки и обеспечивает.

Максимов В.М. ФОРМИРОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ПО ТИПУ БИОСИНТЕЗА МОНОТЕРПЕНОВ НА ОСНОВЕ СТРУКТУРЫ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ.

Способ создания насаждений сосны обыкновенной, включающий подготовку почвы, закладку насаждений и рубки ухода. При закладке насаждений среди саженцев пиненистого и промежуточного типа, взятых в соотношении, характерном для данной естественной популяции, равномерно размещают саженцы каренистого типа. Их число увеличивают на 15–20 % по сравнению с расчетным значением, а при рубках ухода удаляют худшие по развитию деревья пиненистого и промежуточного типов.

Maksimov V.M. THE PROCESS OF FORMING SCOTCH PINE PLANTATIONS ACCORDING TO MONOTHERPEN BIOSYNTHESIS TYPE ON THE BASIS OF PLANTATION STRUCTURE.

The method of creating Scotch pine plantation means soil preparing, planting, cleaning, cutting. Its feature is preliminary clearing out the forest structure of the given natural population as for biosynthesis of conifer ether oil. The member of seedlings of pinenist and intermediate type is usual for the population and among the above-mentioned seedlings of carenist type are placed. Their number is 15–20 % more comparing with the beginning. The worst species of carenist type and intermediate type are redondened when cuttings take place.

Шаяхметов И.Ф., Кулагин А.Ю. ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ПОРОД ПОД ПОЛОГОМ ВОДООХРАННО-ЗАЩИТНЫХ ЛЕСОВ НА УФИМСКОМ ПЛАТО.

Исследование подпологового возобновления подроста широколиственных пород проводилось в условиях Башкирского Предуралья (Уфимское плато) в пределах водоохранный защитных лесов Павловского водохранилища (р. Уфа). Установлено, что успешное возобновление широколиственных пород приурочено к широким и узким плато.

Shayakhmetov I.F., Kulagin A.Y. BROAD-LEAVES BREEDS NATURAL RENEWAL UNDER WATER-PROTECTIVE FORESTS COVER ON THE UFA PLATEAU.

The broad-leaves breeds lodgedplants undercover renewal research was carried out in Bashkir Preural conditions (Ufa plateau) within Pavlovka reservoir water-protective woods limits (r. Ufa). It is established, that broad-leaves breeds successful renewal is dated for wide and narrow plateaus.

Войтко П.Ф. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЛЕСОПЕРЕВАЛОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ НАГРУЗОК В УПРУГИХ СВЯЗЯХ КРАНОВ И БРЕМСБЕРГОВ ПРИ ВЫГРУЗКЕ ЛЕСНЫХ ГРУЗОВ ИЗ ВОДЫ.

Составлены математические модели лесоперевалочных процессов и дополнительных нагрузок в упругих связях кранов КБ-572А, КБ-572Б, КБ-578, бремсбергов К-122, К-125, К-131 при выгрузке лесных грузов из воды на рейдах приплава.

Давыдычев А.Н., Кулагин А.Ю. ФЕНОМЕН РАЗЛИЧИЯ КАЛЕНДАРНОГО И БИОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗРАСТОВ ЕЛИ СИБИРСКОЙ (*PICEA OBOVATA* LEDEB.) И ПИХТЫ СИБИРСКОЙ (*ABIES SIBIRICA* LEDEB.) В ШИРОКОЛИСТВЕННО-ХВОЙНЫХ ЛЕСАХ УФИМСКОГО ПЛАТО.

В работе анализируются данные по календарному и биологическому возрастам подроста ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) и пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) в широколиственно-хвойных лесах Уфимского плато. Показано, что метод анатомического среза

дает наиболее достоверную информацию о возрасте подроста темнохвойных видов. Различие в календарном и биологическом возрастах растений подроста ели и пихты связано с образованием многолетнего одревесневшего корневища - ксилоризомы.

Davydychev A.N., Kulagin A.U. PHENOMENON OF THE CALENDAR AND BIOLOGICAL AGES DIFFERENCE OF SIBERIAN SPRUCE (*PICEA OBOVATA* LEDEB.) AND SIBERIAN FIR (*ABIES SIBIRICA* LEDEB.) IN THE BROAD-LEAFED-CONIFEROUS FORESTS OF THE UFA PLATEAU.

The data on calendar and biological ages of Siberian spruce (*Picea obovata* Ledeb.) and Siberian fir (*Abies sibirica* Ledeb.) young growth in the broad-leafed-coniferous forests of the Ufa plateau are analyzed. It is shown that anatomic cut method gives the most reliable information on the young growth age of the spruce and fir. Difference in the calendar and biological ages of spruce and fir young growth is connected with the perennial xylorhizoma formation.

Мухамедшин К.Д., Шамшиев Б.Н., Джороев З.Х. СВЯЗ ПРИРОСТА ОРЕХА ГРЕЦКОГО С КЛИМАТИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ.

В данной статье приведено изучение динамики прироста деревьев ореха грецкого в зависимости от ряда климатических факторов. Исследованы прирост ширины годичных колец ореха грецкого в зависимости от экологических условий. Установлена связь между приростом и среднемесячной температурой вегетационного периода.

Степаненко И.И. АЗОТНЫЕ УДОБРЕНИЯ И ДИНАМИКА МИКРОСТРУКТУРЫ ДРЕВЕСИНЫ В СОСНЯКЕ ДОЛГОМОШНОМ.

В статье представлены результаты опытов с азотными удобрениями и их влияние на радиальный прирост и размеры трахеид древесины сосны обыкновенной – *Pinus sylvestris* в сосняке долгомошном.

Stepanenko I.I. NITROGEN FERTILIZERS AND WOOD MICROSTRUCTURE DYNAMIC IN MULTI-MOSS PINE FOREST – PINETUM POLYTRICHOSUM.

The research results are presented for experiments with nitrogen fertilizers and their influence on the radial increment and tracheids sizes of *Pinus sylvestris* in multi-moss pine forest — Pinetum polytrichosum.

Камышова Л.В. ВЛИЯНИЕ РУБОК УХОДА НА УСТОЙЧИВОСТЬ КУЛЬТУР СОСНЫ.

In the report are explained the results of researches about influence of cleaning cutting of different intensity, including with cutting down of full rows of a common pine, on immunity them against annosus rot.

Гахрамани Л. ДИНАМИКА ДРЕВЕСНОГО ОТПАДА В ЕЛОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ.

Статья посвящена изучению динамика числа и запаса отмерших деревьев в еловых древостоях Московской области.

В данных древостоях были выявлены характер распределения числа и запаса отмерших деревьев по естественным ступеням толщины, изменение интенсивности отпада с возрастом и связь между процентом отпада по числу и по запасу отмерших деревьев с возрастом насаждений.

Ghahramany L. DYNAMICS OF TREE ATTRITION IN SPRUCE STANDS OF THE MOSCOW REGION.

The article is devoted to studying dynamics of number and stock died trees in spruce-tree forest stands of the Moscow Region.

In the given forest stands character of distribution of number and stock died trees on natural diameter classes, change of intensity отпада with age and connection between percentage of the annul attrition number and stock died trees with age of stands were revealed.

Щекалев Р.В., Тарханов С.Н. ПЛОТНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ СЕВЕРО-ДВИНСКОГО БАССЕЙНА В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ.

В работе рассмотрена динамика плотности древесины естественных насаждений сосны обыкновенной бассейна реки Северной Двины в условиях атмосферного загрязнения. Установлены зависимости плотности древесины сосны от макроструктурных показателей годичного кольца. Выявлены основные факторы, влияющие на качество формирования древесины.

In work dynamics of density of wood of natural plantings of a pine ordinary a river basin of Northern Dvina in conditions of atmospheric pollution is considered. Dependences of density of wood of a pine from macrostructural parameters of a year ring are established. The major factors influencing quality of formation of wood are revealed.

Кулагин А.А. ЭКОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ НЕКОТОРЫХ МЕТАЛЛОВ НА РАСТЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО – *POPULUS BALSAMIFERA* L.).

Показано, что металлы оказывают относительное специфическое действие на растения, выражающееся в изменениях показателей дыхания листьев и содержания пигментов в листьях тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.). Установлено, что дыхание листьев снижается в 3 и более раз относительно контроля (исключение составляет Pb). Отмечается значительное варьирование суммарного содержания пигментов в листьях. При этом доля основного пигмента фотосинтеза – хлорофилла А – при действии металлов на растения тополя бальзамического снижается (кроме Na). Параллельно со снижением доли основного пигмента происходит увеличение доли вспомогательных пигментов – хлорофилла В (К, Ва, Mg, Mn) и каротиноидов (Zn), которые, по-видимому компенсируют недостаток хлорофилла А.

Kulagin A.A. ECOPHYSIOLOGICAL EFFECTS ON INFLUENCE OF SOME METALS ON CHRONICAL POLLUTION CONDITIONS OF ENVIRONMENT (ON AN EXAMPLE OF BALSAM POPLAR – *POPULUS BALSAMIFERA* L.).

It is rotined, that the metals render relative specific operating on plants, expressed in changes of parameters of breathing of leaves and the contents of pigments in leaves of balsam poplar (*Populus balsamifera* L.). It was established, that the breathing of leaves is reduced in 3 and more time concerning the control (except for Pb). The considerable variation of the general contents of pigments in leaves is marked. Thus the lobe of the main pigment of a photosynthesis – chlorophyll A at operating metals on plants of a balsam poplar is reduced (except for Na). In bridge to a decrease of a lobe of the main pigment there is an increase of a lobe of auxiliary pigments – chlorophyll B (K, Ba, Mg, Mn) and carotenoids (Zn), which one, apparently indemnify lack of chlorophyll A.

Зайцев Г.А., Шарифуллин Р.Н. ОСОБЕННОСТИ АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ПОЛУСКЕЛЕТНЫХ КОРНЕЙ *PINUS SYLVESTRIS* L. И *LARIX SUKACZEWII* DYL. В УСЛОВИЯХ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ УФИМСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА.

В работе авторы анализируют анатомо-морфологические особенности строения проводящих корней сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L) и лиственницы Сукачева (*Larix sukaczewii* Dyl) в условиях углеводородного загрязнения. Показано, что в условиях загрязнения увеличиваются некоторые параметры, а именно, количество, диаметр, площадь смоляных ходов. Наблюдаемые изменения имеют большое значение в процессах адаптации растения к различным условиям среды.

Zaitsev G.A., Sharifullin R.N. ANATOMY – MORPHOLOGICAL STRUCTURE OF SEMISKELETAL ROOTS OF *PINUS SYLVESTRIS* L. AND *LARIX SUKACZEWII* DYL. UNDER PETROCHEMICAL POLLUTION OF UFA INDUSTRIAL CENTER.

Anatomy - morphological structure of semiskeletal roots of *Pinus sylvestris* L and *Larix sukaczewii* Dyl was analyzed under conditions of petrochemical pollution. It was shown an increase in some parameters of pitch courses such as number, diameter and area. All of these changes have great influence on plant adaptation in different environment.

Щербинина А.А. СТРУКТУРНЫЕ АНОМАЛИИ КРОН ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ ДОРОЖНОЙ ПОЛОСЕ МКАД.

В статье рассматривается проявление такой неспецифической ответной реакции древесных растений придорожной полосы, как образование техногенных «ведьминых метел» на фоне загрязнения среды, обусловленном воздействием МКАД.

Tcherbinina A.A. STRUCTURAL ANOMALIES OF CROWNS OF WOODY PLANTS WHICH GROW ALONG MOSCOW CIRCULAR HIGHWAY.

Formation of such a nonspecific reaction of woody plants at the zone along highway as technogenic witches-brooms is under consideration. These abnormal structures are appeared against the background of environmental pollution, caused by the influence of Moscow circular highway.

Федотова Г.Н., Шалаева В.С., Пахомова Е.И. ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ НА ЕСТЕСТВЕННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОЛЯ В ПОЧВАХ.

Изучено влияние анионов на возникновение в почвах диффузионно-адсорбционных потенциалов и отмечено, что активность анионов в почвах играет значимую роль в создании ДАП.

Показано, что избыточные катионы и анионы из солей удерживаются в почвах не твердой фазой, а структурой геля, которая меняется под влиянием солей. Поэтому возникающие в почвах потенциалы правильнее называть диффузионно-сорбционными потенциалами.

Сделан вывод о том, что, используя различные соли, можно управлять величиной и направленностью естественных электрических полей в почвах, что особенно важно из-за предполагаемого влияния этих полей на урожайность растений.

Востокова Л.Б., Шишкина Н.Г., Орешникова Н.В. БОНИТИРОВКА ПОЧВ ЛЕСНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.

Показаны условия почвообразования на территории лесной зоны Западной Сибири. Дана характеристика морфологических и физико-химических свойств основных типов почв.

северной, средней и южной тайги. Проведена качественная оценка почв лесной зоны Западной Сибири, вычислены баллы бонитетов и представлена бонитировочная шкала основных типов, подтипов и родов почв лесной зоны Западной Сибири и установлены существенные различия в потенциальном плодородии почв северной, средней и южной тайги.

Бочкова И.Ю., Цветкова М.В. ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННЫХ ДОБАВОК И УДОБРЕНИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ЦВЕТОЧНЫХ КУЛЬТУР В КОНТЕЙНЕРАХ.

Представлены результаты, выявленные в ходе исследования оптимальных комбинаций почвенных добавок и удобрений для лучшего роста, развития и декоративности цветочных культур в контейнерах.

Bochkova I.U. Tsvetkova M.V. THE SOIL ADDITIONS AND FERTILIZERS EFFECT ON THE GROWTH AND EVOLUTION OF FLOWER CULTURES IN CONTAINERS.

The results revealed during the study of optimal combinations of soil additions and fertilizers for the better growth, evolution and improved ornamental flower cultures in containers have been presented.

Короткина М.Р., Бурлаков А.Б. БИОФОТОННАЯ ЭМИССИЯ.

В процессе развития эмбрион при делении образует левую и правую винтовую систему – торсионное поле. при этом возмущение оболочки эмбриона теряет основную роль.

Korotkina M.R., Burlakov A.B. BIOFOTONE EMISSION.

The early developing embryo to form 1-P Fork systems. The form to embryo there is headquarters importance.

Меньшикова М.А. ЗАТРАТЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСНОГО СЕКТОРА КАК ОБЪЕКТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ.

В статье приведены результаты исследования сущности категорий «затраты», «издержки», «расходы» и их связи с эффективностью производства предприятий лесного сектора. Изложены особенности формирования расходов для целей налогового учета. Определено значение показателя себестоимости продукции. Представлены основные выводы из анализа структуры затрат по подотраслям лесопромышленного комплекса.

Menshikova M.A. EXPENSES OF THE ENTERPRISES OF WOOD SECTOR AS OBJECT OF ECONOMIC MANAGEMENT.

In article results of research of essence of categories of «expense», «costs», «charges» and are given their communication (connection) with a production efficiency of the enterprises of wood sector.

Features of formation of charges for the purposes of the tax account are stated. Value of a parameter of the cost price of production is determined.

The basic conclusions from the analysis of structure of expenses on подотраслям a timber industry complex are submitted.

Меньшикова М.А. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАТРАТАМИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСНОГО СЕКТОРА.

В статье рассмотрены особенности современного экономического положения отраслевых предприятий. Изложено содержание механизма управления затратами, приведены

значение и задачи управленческого учета. Рассмотрена сущность бюджетирования для достижения поставленных целей деятельности предприятия отрасли.

Menshikova M.A. METHODOLOGICAL BASES OF FORMATION THE STRATEGY OF THE MANAGEMENT OF EXPENSES AT THE ENTERPRISES OF WOOD SECTOR.

The features of a modern economic situation of the branch enterprises are considered in article. The contents of the mechanism of management is stated to expenses, values and tasks of the administrative account are given. The essence budgeting for achievement of objects in view of activity of the enterprises of branch is considered.

Носкова О.А., Хакимова Ф.Х., Ковтун Т.Н. ИЗМЕНЕНИЯ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ХЛОПКОВОЙ И ДРЕВЕСНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ МЕТОДОМ ГИДРОЛИТИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ.

Рассмотрены основные методы получения целлюлозы в форме порошка. Изучены изменения свойств хлопковой и древесной сульфитной вискозной целлюлозы в процессе получения порошковой целлюлозы методом гидролитической деструкции. Показано, что динамика изменения физико-химических свойств хлопковой и древесной целлюлозы аналогичны и не зависят от вида сырья. Абсолютные величины показателей физико-химических свойств порошковой целлюлозы находятся в непосредственной зависимости от исходного волокнистого сырья.

Noskova O.A., Hakimova F.H., Kovtun T.N. COTTON CELLULOSE AND WOOD PULP MAIN PROPERTIES CHANGING IN THE PROCESS OF POWDERED PULP OBTAINING USING HUDROLYTIC DESTRUCTION METHOD.

The main methods of powder form pulping were considered. During the powder form pulping with hydrolic destruction it was investigated the changes of cotton and wood sulfite pulp properties. It was shown, that changes of physical and chemical properties of cotton and wood pulp are similar and do not depend on a kind of raw material. The absolute values of physical and chemical properties of powder pulp are in direct relation to initial raw material.

Беляков П.А., Никонов В.Г. СИНТЕЗ ЛАТИНСКИХ КВАДРАТОВ С ПОМОЩЬЮ ПОЛИНОМОВ ДВУХ ПЕРЕМЕННЫХ НАД КОЛЬЦОМ Z_{2k} .

В работе рассматривается вопрос построения латинских квадратов в кольце Z_{2k} как квадратов задания полиномов двух переменных над кольцом Z_{2k} , исследуется структура и приводится описание полиномиальных функций двух переменных, квадрат значений которых является латинским. Доказан критерий проверки свойства образовывать латинский квадрат для заданной полиномиальной функции двух переменных. Представлен класс полиномов, заведомо отвечающих латинским квадратам. Описано преобразование, обратное отображению, заданному латинским квадратом.

Belyakov P.A., Nikonov V.G. SYNTHESIS OF LATIN SQUARES WITH THE HELP OF POLYNOMS OF TWO VARIABLES ABOVE A RING Z_{2k} .

In the work the problem of construction of Latin squares in a ring Z_{2k} as squares of values of polynoms above a ring Z_{2k} is considered, their structure is investigated and the description of polynomial functions of two variables which square of values is Latin is resulted. The criterion of checking the property to form the Latin square for given polynomial functions of two variables is proved. The class of the polynoms obviously corresponding to Latin squares is submitted. The inverse transformation for the one, described by a Latin square is given.

Анашкина Н.В. СПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМА БАЛАША ДЛЯ НАХОЖДЕНИЯ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА.

В статье исследуется поведение алгоритма Балаша для нахождения решения системы линейных булевых ограничений специального вида. Приведены оценки трудоемкости алгоритма.

Anashkina N.V. USING OF BALAS ALGORITHM FOR SOLVING SPECIAL SYSTEMS OF LINEAR EQUATIONS WITH BOOLEAN VARIABLES.

This article is about Balas algorithm for solving special systems of linear equation with Boolean variables. Some complexity measures are shown.

Ролдугин П.В., Тарасов А.В. О КЛАССЕ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ, ПРЕДСТАВИМЫХ В ВИДЕ ПРОИЗВЕДЕНИЯ ФУНКЦИЙ ОТ ДВУХ ПЕРЕМЕННЫХ.

В данной статье приведен обзор результатов, полученных при изучении свойств класса *Bi* бижунктивных функций. Поскольку все функции от двух и менее переменных являются бижунктивными, то класс бижунктивных функций состоит из функций, представимых в виде произведения функций от двух или менее переменных. В статье приведены результаты о числе бижунктивных функций, их весах, группах инерции в некоторых группах, представлении графами, минимизации, генерации и ряд других результатов.

This paper presents the overview of results of class *Bi* bijkunctive functions properties. This is the class of Boolean functions, which may be presented as a conjunction of functions of two or less variables. In the paper are given the results about the number of bijkunctive functions, their weights, groups of inertia in some groups, representation by graphs, minimization, generation and other results.

Черемушкин А.В. ОДНОЗНАЧНОСТЬ РАЗЛОЖЕНИЯ ДВОИЧНОЙ ФУНКЦИИ В БЕСПОВТОРНОЕ ПРОИЗВЕДЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ НЕПРИВОДИМЫХ СОМНОЖИТЕЛЕЙ.

В работе доказывается, что если двоичная функция при некоторой линейной замене переменных раскладывается в произведение нелинейных неприводимых сомножителей с независимыми переменными, то такое разложение единственно.

Cheremushkin A.V. UNIQUENESS OF PRODUCT DISJUNCTIVE DECOMPOSITION OF BOOLEAN FUNCTION TO NONLINEAR IRREDUCIBLE FACTORS.

The note contents a proof of uniqueness of disjunctive decomposition to nonlinear irreducible factors for Boolean function with some linear argument substitution.

Журавлева О.Н., Рыбников К.К. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ОСНОВ ДИСКРЕТНОГО АНАЛИЗА ОТ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ ДО ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ. (ПОЛНЫЙ ТЕКСТ ДОКЛАДА НА II КОЛОМОГОРОВСКИХ ЧТЕНИЯХ. ЯРОСЛАВЛЬ – 2004).

Предлагаются принципы построения учебных курсов, обеспечивающих преемственность в изучении элементов дискретной математики от старших классов средней школы до младших курсов высших учебных заведений включительно. В основу структуры подобного курса положена связь классических непрерывных и дискретных математических моделей.

Jouravleva O.N., Rybnikov K.K. SOME PRINCIPLES OF EDUCATION IN FINAL MATHEMATICS DURING ALL THE TIME OF STUDY FROM SCHOOL TO UNIVERSITY.

The authors suggest some principles of education in final mathematics. The structure foundation of lectures consist in using of continuous conception final mathematics.

Горшков С.П. К ВОПРОСУ О СЛОЖНОСТИ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ БУЛЕВЫХ УРАВНЕНИЙ.

В работе рассматриваются так называемые классы систем булевых уравнений без ограничений на выбор неизвестных. Для таких классов есть порождающий набор булевых функций. Приведена теорема делимости (дихотомии) Т.Шефера, согласно которой в зависимости от некоторых свойств порождающего набора задача распознавания совместности изучаемых классов оказывается либо полиномиальной, либо NP-полной. Сформулирована теорема делимости при исключении тривиальных решений.

Для изучения задачи решения систем булевых уравнений введено понятие полиномиально решаемых классов систем булевых уравнений. Приведены некоторые свойства таких классов.

Сформулирована теорема делимости для задачи определения числа решений систем булевых уравнений без ограничений на выбор неизвестных.

Gorshkov S.P. TO A QUESTION ON COMPLEXITY OF FINDING SOLUTION OF BOOLEAN EQUATION SYSTEMS.

So-called classes of boolean equation systems without restrictions on a choice of unknown variables are examined in the paper. For such classes generative set of boolean functions exists. The dichotomy theorem of T. Schaefer is given. According to it the satisfiability problem of studied classes appears to have polynomial-time solution or to be NP-complete depending on some properties of generative set. For the case of exception of trivial solutions the dichotomy theorem is formulated.

The concept of polynomial-time decidable classes of boolean equation systems is entered in the paper for studying of a problem of finding solution of boolean equation systems. Some properties of such classes are given.

For a problem of definition of number of solutions of boolean equation systems without restrictions on a choice of unknown variables the dichotomy theorem is formulated.

Мельников С.Ю. РЕГИСТРЫ СДВИГА С ЧЕЗАРОВСКИМ ВХОДОМ.

Изучаются вопросы переработки регистрами сдвига чезаровских последовательностей, т.е. таких бесконечных последовательностей, для которых существуют пределы относительных частот встречаемости мультиграмм фиксированной и произвольной длин в растущих начальных отрезках.

Melnikov S.U. ON THE SHIFT REGISTERS WITH CESARO SEQUENCES INPUT.

Cesaro sequence is the infinite sequence with existing relative frequencies limits of the any fixed word. The article deals with the shift registers with Cesaro sequences input.

Волобаев А.М. ЭСТЕТИКА И ИНЖЕНЕР-ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ.

Рассмотрена история дизайна машин и подготовки специалистов в этой области проектирования и конструирования.