

МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

Материалы исследований по Государственной научно-технической программе России «Российский лес»

The Research Materials on «Russia's Forest»,
the Russian State Scientific-and-Technical Programme

Издается с февраля 1958 г.

Выходит 6 раз в год

5



1997

ИЗДАТЕЛЬ – АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Главный редактор – акад. **О.М. Соколов.**

Заместители главного редактора:

акад. **Е.С. Романов**, чл.-кор. **С.И. Морозов.**

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

Проф. **Ю.Г. Бутко**, проф. **А.В. Веретенников**, чл.-кор. **Е.Д. Гельфанд**, чл.-кор. **И.И. Гусев**, акад. **Р.Е. Калитеевский**, акад. **А.Н. Кириллов**, акад. **В.И. Комаров**, проф. **Н.В. Лившиц**, акад. **Е.Г. Мозолева**, доц. **О. А. Неволин**, акад. **А.Н. Обливин**, акад. **В.И. Онегин**, акад. **Г.С. Ощепков**, чл.-кор. **А.В. Питухин**, чл.-кор. **В.К. Попов**, акад. **С.М. Репях**, акад. **А.Р. Родин**, проф. **В.П. Рябчук**, проф. **Е.Д. Сабо**, акад. **Э.Н. Сабуров**, чл.-кор. **Е.Н. Самошкин**, акад. **В.И. Санер**, акад. **О. А. Терентьев**, проф. **Ф. Х. Хакимова**, акад. **В. Я. Харитонов**, акад. **Г.А. Чибисов**, проф. **В.В. Щелкунов**, проф. **Х.-Д. Энгельман.**

Ответственный секретарь **Р.В. Белякова.**

«Лесной журнал» публикует научные статьи по всем отраслям лесного дела, сообщения о внедрении законченных исследований в производство, о передовом опыте в лесном хозяйстве и лесной промышленности, информации о научной жизни высших учебных заведений, рекламные материалы и объявления. Предназначается для научных работников, аспирантов, инженеров лесного хозяйства и лесной промышленности, преподавателей и студентов вузов.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 5

Редакторы **Н.П. Бойкова**, **Л.С. Окулова.**

Перевод **Л.А. Корельской.**

Компьютерный набор **И.В. Сосниной**, верстка **Е.Б. Красновой.**

Техническое обеспечение **А.В. Крыжановского.**

Сдан в набор 10.09.97. Подписан в печать 17.10.97.
Форм. бум. 70x108 1/16. Гарнитура Тайме. Усл. печ. л. 13,480. Усл. кр.-отт. 13,480.

Уч.-изд. л. 16,37. Тираж 1000 экз. Цена свободная.

Архангельский государственный технический университет

Адрес редакции: 163007, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, 17,
тел. 44-13-37

Типография Архангельского государственного технического университета
163007, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, 17

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>Г.А. Чибисов.</i> Биологическая продуктивность сосняков, формируемых рубками ухода.....	7
<i>А.И. Соколов.</i> Рубка и восстановление леса в Карелии.....	17
<i>В.Ф. Цветков, Р.Н. Климов, А.С. Козобродов.</i> К оценке и выбору способов лесовосстановления.....	22
<i>В.Ф. Цветков.</i> Классификация вырубков и потенциал формирования насаждений в ельнике черничном.....	30
<i>В.А. Ананьев, В.Н. Гаврилов.</i> Лесовозобновление и формирование хвойных насаждений после сплошных рубок на осушенных торфяных почвах.....	37
<i>А.И. Бузыкин, Л.С. Пиеничникова.</i> Влияние лесозаготовительных машин на возобновление в подзоне южной тайги Средней Сибири	42
<i>В.И. Обыденников.</i> Лесоводственно-экологические аспекты оценки систем рубок главного пользования и лесосечных машин.....	48
<i>В.П. Ботенков, Р.И. Лоскутов.</i> Агротехника выращивания посадочного материала кедр сибирского.....	54
<i>А.П. Сапожников, В.А. Морин.</i> О теоретических основах деления лесов на группы и категории защитности.....	60
<i>Ю.В. Лебедев.</i> Методология многоцелевого лесопользования в общей системе природопользования региона.....	65
<i>В.В. Кузьмичев, С.Л. Шевелев.</i> Перспективы организации многопродуктового хозяйства в лесах Красноярского края.....	75
<i>К.С. Бобкова, Ю.А. Паутов, Н.А. Терещук.</i> Состояние лесов в зоне влияния Сыктывкарского лесопромышленного комплекса.....	83
<i>А.В. Селиховкин.</i> Отравляющее воздействие промышленных загрязнителей воздуха на дендрофильных микрочешуекрылых на организменном уровне.....	89
<i>А.В. Селиховкин.</i> Изменение состояния растений под влиянием промышленного загрязнения воздуха на дендрофильных микрочешуекрылых на организменном уровне.....	94
<i>В.М. Тарбаева.</i> Влияние аэротехногенного загрязнения на развитие семян сосны обыкновенной на ранних стадиях.....	103
<i>В.В. Туужилкина.</i> Пигментный комплекс хвои сосны в зоне действия лесопромышленного комплекса.....	108

- В.И. Саковец, В.А. Матюшкин.* Углеродный баланс в связи с ведением лесного хозяйства на торфяниках Карелии _____ 112
- В.В. Дьяконов.* Состояние древесного полога лесов Карелии _____ 118
- В.В. Петрик, А.С. Ярунов.* Точность ускоренных методов определения смолопродуктивности сосны _____ 125
- О.А. Неволин, С.В. Торхов, С.В. Третьяков.* Геоинформационные системы – новый этап в развитии техники и технологии северного лесоустройства _____ 130

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- В.С. Морозов.* Об определении модуля упругости мерзлого торфа _____ 140

НЕКРОЛОГИ

- Коллеги и ученики.* Памяти Анатолия Васильевича Веретенникова _____ 146
-

CONTENTS

FORESTRY

G.A. Chibisov. Biological Productivity of Pine Forests Established by Improvement Felling.....	7
A.I. Sokolov. Felling and Reforestation in Karelia.....	17
V.F. Tsvetkov, R.N. Klimov, A.S. Kozobrodov. On Estimation and Selection of Reforestation Methods.....	22
V.F. Tsvetkov. Classification of Felled Areas and the Potential of Forming Crops in Bilberry Spruce Forest.....	30
V.A. Anan'ev, V.N. Gavrilov. Reforestation and Formation of Coniferous Stands after Clear Cutting on Reclaimed Peat Soils.....	37
A.I. Buzykin, L.S. Pshenichnikova. Influence of Logging Machines on Regeneration in Southern Taiga Subzone of Middle Siberia.....	42
V.I. Obydennikov. Silvicultural-and-Ecological Evaluation Aspects of Main Cutting System and Forest Harvesting Machines.....	48
V.P. Botenkov, R.I. Loskutov. Agricultural Technology of Growing Planting Material of Siberian Stone Pine.....	54
A.P. Sapozhnikov, V.A. Morin. On Theoretical Principles of Classifying Forests into Groups and Categories of Protectiveness.....	60
Yu.V. Lebedev. Methodology of Multipurpose Forest Utilization in the General System of Nature Use in the Region.....	65
V.V. Kuz'michev, S.L. Shevelev. Prospects for Multiproductive Management in the Forests of Krasnoyarsk Territory.....	75
K.S. Bobkova, Yu.A. Pautov, N.A. Tereschuk. Condition of Forests Affected by the Syktyvkar Timber Integrated Enterprises.....	83
A.V. Selikhovkin. Contamination Effect of Industrial Air Pollutants on Dendrophilous Microlepidopterous at Organism Level.....	89
A.V. Selikhovkin. Change of Plants' Condition Affected by Industrial Contamination of Air on Dendrophilous Microlepidopterous at Organism Level.....	94
V.M. Tarbaeva. Aerial Technogenic Contamination Effect at the Early Stages of <i>Pinus sylvestris</i> Ovule Development.....	103
V.V. Tuzhilkina. Pigment Complex of Pine Needles in the Range of Timber Industrial Integrated Enterprises.....	108

<i>V.I. Sakovets, V.A. Matyushkin.</i> Carbon Balance in Connection with Forest Management on Peat Bogs of Karelia	112
<i>V.V. D'yakov.</i> Tree Canopy Condition of the Karelian Forests	118
<i>V.V. Petrik, A.S. Yarunov.</i> Accuracy of Accelerated Methods of Determining Resin Productivity of Pine	125
<i>O.A. Nevolin, S.V. Torkhov, S.V. Tret'yakov.</i> Geoinformation Systems – A New Stage in Engineering and Technology of Northern Forest Management	130

WOODEXPLOITATION

<i>V.S. Morozov.</i> On Determination of Modulus of Elasticity of Frozen Peat	140
---	-----

OBITUARY

<i>The Colleagues and Pupils.</i> In Commemoration of Anatoliy V. Veretennikov	146
--	-----

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630* 2

Г.А. ЧИБИСОВ

Архангельский институт леса и лесохимии

Чибисов Генрих Андреевич родился в 1937 г., окончил в 1961 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, директор Архангельского института леса и лесохимии Федеральной службы лесного хозяйства России, директор Северного филиала Международного института леса, член-корреспондент Российской инженерной и Международной инженерной академий наук, академик РАЕН, заслуженный лесовод России. Имеет около 200 печатных работ в области рубок ухода, рубок главного пользования, экологии и биологии леса, продуктивности таежных экосистем.

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ СОСНЯКОВ,
ФОРМИРУЕМЫХ РУБКАМИ УХОДА**

Проанализирована динамика накопления фитомассы сосны в смешанных сосняках разного возраста, пройденных рубками ухода различной интенсивности. Сделан вывод о возможности повышения биологической продуктивности рубками ухода.

The dynamics of pine phytomass building up in mixed uneven-aged pine forests after improvement felling of different intensity has been analysed. The conclusion on possibility of raising biological productivity by improvement felling has been drawn.

Биологическая продуктивность фитоценозов определяется комплексом биотических и абиотических факторов. Рубки ухода, нарушая длительный естественный процесс формирования и роста фитоценозов, «провоцируют» изменения их фитогеометрической структуры. Реакция отдельных деревьев в пространстве и во времени восстанавливает как их жизнеспособность, устойчивость, так и динамическое равновесие фитоценоза. Интенсивность реакции определяется исходным состоянием (породный состав, возраст, густота, лесорастительные условия) и степени воздействия – режимом рубок (интенсивность, периодичность, метод).

Значение исследований биопродуктивности лесных фитоценозов со сменой породного состава и под влиянием рубок ухода, а также степени изученности этой проблемы мы отмечаем ранее [4].

Исследования проводили в средней подзоне тайги на 69 постоянных пробных площадях в смешанных сосняках возраста от 10 до 90 лет, давность рубок ухода до 42 лет. Сформирован состав 8-9С2-1Б. В результате повторных учетов взято около 700 модельных деревьев разного возраста. При обработке материалов вычисляли уравнения парной связи фитомассы деревьев с $D_{1,3}$, D^2H и многофакторной – с D , D^2 , D/H , D^2H , DH , D^2/H , D^2/H^2 , D^4/H^2 .

Рассмотрим динамику биологической продуктивности в наиболее важном для рубок ухода возрасте – до 70 лет. Это имеет смысл еще и потому, что рубки ухода были проведены в разных насаждениях в возрасте 10, 15 и 30 лет при различной интенсивности, но с итоговой сравнительной густотой.

Исходя из положения, что для хозяйства имеет значение не только валовая, но и качественная биопродуктивность, представим фитомассу в расчете на одно дерево (табл. 1).

Таблица 1

Пробная площадь	Густота тыс. шт. на 1 га	Возраст, лет	Давность рубок, лет	Фитомасса на одно дерево, кг (а. с. в.)			
				Ствол в коре	Крона	В том числе хвоя	Итого надземная часть
К-69 (контроль)	12,0	14	-	0,3	0,3	0,2	0,6
	10,2	18	-	1,2	0,8	0,5	2,0
	10,2	23	-	2,9	1,4	0,7	4,3
2-69	1,4	14	4	1,0	1,6	1,0	2,6
	1,4	18	8	3,9	4,0	2,0	7,9
	1,3	23	13	11,3	9,1	4,2	20,4
3-69	0,4	14	4	1,9	3,8	2,1	5,7
	0,4	18	8	5,6	6,5	3,0	12,1
	0,3	23	13	19,5	16,8	6,6	36,3
14к-59 (контроль)	4,8	19	-	1,8	1,0	0,6	2,8
	4,8	24	-	5,1	2,3	1,0	7,4
	4,2	33	-	10,1	2,9	1,2	13,0
	3,6	38	-	15,4	3,8	1,5	19,2

Продолжение табл. 1

Пробная площадь	Густота, тыс. шт. на 1 га	Возраст, лет	Давность уходов, лет	Фитомасса на одно дерево, кг (а. с. в.)			
				Ствол в коре	Крона	В том числе хвоя	Итого надземная часть
15-59	1,7	19	4	3,5	1,9	1,0	5,4
	1,4	24	9	17,3	8,9	3,4	26,2
	1,3	33	18	28,6	10,4	3,8	39,0
	1,3	38	23	38,2	11,6	4,1	49,8
16-59	1,0	19	4	3,3	2,2	1,2	5,5
	0,97	24	9	17,4	9,9	3,9	27,3
	0,96	33	18	30,0	14,1	5,0	44,1
	0,96	38	23	41,0	16,1	5,6	57,1
17-59	0,74	19	4	3,8	3,1	1,6	6,9
	0,74	24	9	25,3	17,7	6,6	43,0
	0,74	33	18	42,4	23,3	8,0	65,7
	0,72	38	23	57,3	25,0	8,1	82,3
К-52 (контроль)	1,4	56	-	85,7	11,4	3,5	97,1
	1,1	61	-	120,6	14,9	4,5	135,5
	0,98	66	-	141,8	16,7	4,9	158,5
	0,93	72	-	154,0	17,4	5,1	171,4
1-52	1,3	56	26	99,2	12,4	3,8	111,6
	1,1	61	31	129,6	15,1	4,5	144,7
	0,9	66	36	155,9	17,4	5,0	173,3
	0,88	72	42	178,5	20,3	5,5	198,8
5-52	1,1	56	26	116,0	17,0	5,1	133,0
	0,9	61	31	155,5	21,2	6,1	176,7
	0,8	66	36	185,0	23,2	6,5	208,2
	0,75	72	42	234,2	26,1	7,4	260,3
2-52	0,7	56	26	157,6	25,0	7,2	182,6
	0,6	61	31	190,4	27,9	7,8	218,3
	0,6	66	36	227,6	30,9	8,4	258,5
	0,58	72	42	255,0	31,4	8,4	286,4

После уходов в 10-летних насаждениях интенсивно увеличивается фитомасса стволовой части: через 13 лет она становится в 5–8 раз больше, чем в контроле. Очень интенсивно идет накопление кроновой части, особенно при критической густоте (0,3...0,4 тыс. шт./га).

При рубках ухода в 15-летнем древостое отмеченная закономерность сохраняется на протяжении 23 лет. Особенность в том, что при густоте 1,0...1,4 тыс.шт./га масса ствола почти одинакова, а кроны – различна.

В насаждениях с рубками ухода, проведенными в 30-летнем возрасте, масса ствола по сравнимым срокам давности уходов выше контрольного, а в пределах объектов с рубками зависит от густоты. Наи-

большая разница наблюдается через 26 лет после уходов (на 16...84 % выше контрольного), в дальнейшем снижается при сохранении разницы. Максимальная фитомасса крон отмечается при наименьшей густоте.

Качественная продуктивность может быть правильно оценена с учетом фракционного состава фитомассы, а последняя существенно зависит от возраста, интенсивности и давности уходов.

В целом с увеличением возраста доля древесной массы увеличивается, а массы кроны и хвои – уменьшается. В не тронутых рубками насаждениях содержание стволовой массы увеличивается от 30 % в 10-летнем возрасте до 90 % в 70-летнем, кроны – уменьшается соответственно от 70 до 10, хвои – от 45 до 4 %.

Чем интенсивнее уходы в 10-летних насаждениях, тем больше доля фитомассы кроны (при 0,4 тыс.шт./га – более 80 %) и меньше древесины. Через 13 лет после уходов доля фитомассы древесины увеличивается вдвое, однако составляет немногим более 50 % от всей надземной.

Наиболее динамичен процесс перераспределения фракционного состава после рубок ухода в 15-летнем древостое. С уменьшением густоты увеличивается доля ассимиляционной массы. Через 23 года после рубки отмечается наибольшее содержание стволовой фитомассы (76 %) при густоте около 1,5 тыс.шт./га. При чрезмерном изреживании соотношение фракций наихудшее.

В 30-летних насаждениях через 26...42 года после уходов процентное содержание фракций фитомассы меняется незначительно.

Из приведенных данных следует, что рубки ухода в возрасте 15...20 лет наиболее эффективны.

О запасах массы корневых систем можно судить на примере 56-летних насаждений с давностью уходов 26 лет (табл. 2).

С ростом интенсивности рубок увеличивается радиус корневых систем, глубина проникновения в грунт. Корненаселенность почвы с уменьшением густоты возрастает, при этом отношение надземной массы к подземной уменьшается. Это может свидетельствовать о степени устойчивости насаждений. Однако нужно учесть, что снижение густоты

Таблица 2

Пробная площадь	Густота, тыс. шт./га	Фитомасса корневых систем, т (а. с. в.) на 1 га, по фракциям				Процент от массы деревьев	Р _{надз.ч} Р _{подз.ч}
		2 мм	2 мм...2 см	2 см	Всего		
К-52	1,4	1,94	3,34	12,72	18,00	11,60	7,5
1-52	1,3	2,98	4,49	17,00	24,47	14,27	6,0
2-52	0,7	2,07	2,08	18,67	22,82	16,10	5,6

Примечание. Р_{надз.ч}, Р_{подз.ч} – прирост фитомассы соответственно надземной и подземной частей.

должно быть оправдано хозяйственными целями. По мнению С.Н. Сеннова [2], нарастание массы корней можно считать подтверждением основополагающих принципов экологии: устойчивости и целостности экосистем. Иначе говоря, эколого-биологические особенности насаждений и целевое лесовыращивание должны находиться в четком соответствии.

Повторные учеты дают возможность оценить прирост фитомассы как за отдельные периоды, так и в год (табл. 3).

Таблица 3

Пробная площадь	Возраст лет,	Годичный прирост фитомассы в насаждениях, т на 1 га (числитель) и на одно дерево, кг (знаменатель)			
		$P_{ств}$	$P_{хв}$	$P_{надз.ч}$	$\frac{P_{ств}}{P_{хв}}$
К-69	13...17	<u>2,31</u>	<u>0,97</u>	<u>3,43</u>	<u>2,38</u>
		0,24	0,08	0,36	3,00
	17...22	<u>3,38</u>	<u>1,54</u>	<u>4,70</u>	<u>2,19</u>
		0,33	0,15	0,46	2,20
2-69	13...17	<u>1,05</u>	<u>0,56</u>	<u>1,87</u>	<u>1,87</u>
		0,74	0,40	1,34	1,85
	17...22	<u>1,47</u>	<u>1,09</u>	<u>3,28</u>	<u>1,69</u>
		1,47	0,77	2,49	1,91
3-69	13...17	<u>0,37</u>	<u>0,24</u>	<u>0,64</u>	<u>1,54</u>
		0,18	0,65	1,59	0,28
	17...22	<u>1,11</u>	<u>0,53</u>	<u>1,93</u>	<u>2,09</u>
		2,78	1,50	4,84	1,85
14к-59	19...28	<u>1,75</u>	<u>0,58</u>	<u>2,45</u>	<u>3,02</u>
		0,36	0,12	0,51	3,00
		<u>3,14</u>	<u>1,01</u>	<u>3,82</u>	<u>3,11</u>
	28...33	1,00	0,21	1,12	4,76
		<u>2,58</u>	<u>1,08</u>	<u>2,84</u>	<u>2,39</u>
		1,05	0,28	1,23	3,75
15-59	19...28	<u>2,03</u>	<u>0,97</u>	<u>3,04</u>	<u>2,09</u>
		1,53	0,68	2,30	2,25
		<u>3,18</u>	<u>1,07</u>	<u>3,60</u>	<u>2,97</u>
	28...33	2,27	0,75	2,57	3,03
		<u>2,68</u>	<u>1,14</u>	<u>3,04</u>	<u>2,35</u>
		1,91	0,80	2,17	2,38
16-59	19...28	<u>1,51</u>	<u>0,75</u>	<u>2,33</u>	<u>2,01</u>
		1,56	0,77	2,42	2,02
		<u>2,38</u>	<u>0,97</u>	<u>3,16</u>	<u>2,45</u>
	28...33	2,52	1,00	3,15	2,52
		<u>2,12</u>	<u>1,07</u>	<u>2,52</u>	<u>1,98</u>
		2,21	1,10	2,62	3,00
17-59	19...28	<u>1,68</u>	<u>0,92</u>	<u>2,80</u>	<u>1,83</u>
		2,39	1,24	4,01	1,93
		<u>2,40</u>	<u>1,12</u>	<u>3,18</u>	<u>2,14</u>
	28...33	3,43	1,51	4,54	2,27
		<u>2,08</u>	<u>1,14</u>	<u>2,32</u>	<u>1,82</u>
		2,97	1,54	3,31	1,93

Продолжение табл. 3

Пробная площадь	Возраст лет,	Годичный прирост фитомассы в насаждениях, т на 1 га (числитель) и на одно дерево, кг (знаменатель)			
		$P_{ств}$	$P_{хв}$	$P_{надз.ч}$	$\frac{P_{ств}}{P_{хв}}$
К-52	56...61	<u>1,80</u>	<u>0,98</u>	<u>1,80</u>	<u>1,84</u>
		6,97	0,71	7,69	9,82
	61...66	<u>2,00</u>	<u>0,96</u>	<u>2,00</u>	<u>2,08</u>
		4,26	0,89	4,61	4,79
1-52	56...61	<u>2,20</u>	<u>0,98</u>	<u>2,20</u>	<u>2,24</u>
		6,08	0,78	6,42	7,79
	61...66	<u>1,00</u>	<u>0,94</u>	<u>1,00</u>	<u>1,06</u>
		5,26	0,87	5,72	6,04
5-52	56...61	<u>3,40</u>	<u>1,10</u>	<u>3,60</u>	<u>3,09</u>
		7,90	1,20	8,75	6,58
	61...66	<u>1,60</u>	<u>1,05</u>	<u>1,60</u>	<u>1,52</u>
		5,89	1,31	6,30	4,49
2-52	56...61	<u>3,20</u>	<u>0,98</u>	<u>3,40</u>	<u>3,26</u>
		6,58	1,55	7,17	4,24
	61...66	<u>2,40</u>	<u>0,98</u>	<u>2,40</u>	<u>2,45</u>
		7,42	1,69	8,01	4,39

Очень интенсивные рубки ухода в 10-летних насаждениях снижают годичный прирост фитомассы, и за 13 лет после уходов он становится ниже контрольного. Но прирост, приходящийся на одно дерево, после уходов значительно выше. Продуцирующая способность хвои наибольшая в насаждении без рубок ухода, близка к ней – в насаждении через 13 лет после уходов с густотой 0,4 тыс.шт./га.

После уходов в 15-летних насаждениях прирост ствольной и надземной массы в возрасте 35...38 лет начинает снижаться, хвои – увеличиваться. В целом для насаждения наибольший прирост ствольной массы обеспечивается при густоте около 1,7 тыс. шт./га. Здесь он достигает и превосходит контроль уже в возрасте насаждения 19...28 лет, через 5...13 лет после уходов. В этом насаждении близко к контролю и продуцирование ассимилирующей массы.

Через 26 лет после уходов в 30-летнем древостое текущий прирост как ствольной, так и надземной массы выше, чем на контроле. Через 30...35 лет он снижается, за исключением насаждения с густотой 0,7 тыс. шт./га. Наибольший прирост отмечается при густоте 1,1 тыс. шт./га.

Через 42 года после рубок отношение текущего прироста по запасу к массе хвои составляет: при густоте 0,93 тыс. шт./га – 0,96; 0,88 – 2,55; 0,75 – 2,59; 0,58 – 1,93. Таким образом, продуцирование хвои в насаждениях тесно связано с их возрастом, густотой и давностью рубок ухода.

Продуцирующая способность хвои колеблется в широких пределах в зависимости от ранга деревьев. На контрольных площадях она наибольшая у деревьев средних и высших ступеней толщины. У самых

Таблица 4

№ способа	Ствол				Крона		Хвоя		Надземная часть	
	в коре		без коры		O_p	O_σ	O_p	O_σ	O_p	O_σ
	O_p	O_σ	O_p	O_σ						
2	-0,7	± 6,9	-0,4	± 6,8	-10,5	± 18,4	-9,6	± 18,7	-3,2	± 7,5
3	+0,8	± 6,2	+1,7	± 5,8	+0,6	± 20,1	-3,1	± 20,2	+0,1	± 6,9

крупных деревьев она может быть несколько ниже, чем у средних. Это связано с увеличением затрат органического вещества, продуцируемого хвоей, на формирование кроны при менее интенсивном приросте стволовой древесины. В насаждениях, пройденных рубками ухода, зависимость продуцирования хвои деревьев от их рангов тем меньше, чем интенсивнее изреживания.

Для выявления связи фитомассы с таксационными показателями деревьев и древостоев использовали три способа: 1 – графический; 2 – уравнения со средними высотой, диаметром и густотой; 3 – ряды распределения деревьев и значений диаметров и высот по ступеням толщины. Приемлемость способа установлена по систематической (O_p) и случайной (O_σ) ошибкам (табл. 4).

Полученные расчетные уравнения парной зависимости фракций фитомассы с D^2H имеют корреляционное отношение от 0,69 до 0,99, множественные уравнения связи с D , D^2 , D/H – от 0,94 до 0,98.

Фитомасса фракций в насаждениях одинаковой густоты находится в определенной связи с возрастом. Для древесины, хвои связь описывается уравнением вида $M = a + vA + cA^2$, для коры, ветвей – $M = a + vA$.

Зависимость содержания компонентов фитомассы от различных лесоводственно-таксационных показателей выражается следующими уравнениями:

от $D_{1,3}$; H ; доли участия сосны в составе (C), т на 1 га при $D_{1,3} = 4...40$ см, $H = 4...26$ м:

$$M_{\text{ств. в коре (вл)}} = (3,81 + 0,51/a) (D/v)^{-0,16} H^{3,49} C;$$

$$M_{\text{ств. в коре (сух)}} = (1,31 + 0,46/a) (D/v)^{-0,12} H^{3,55} C;$$

$$M_{\text{кр (вл)}} = 3,63 (D/a)^{1,27} H^{2,85} C;$$

$$M_{\text{хв (вл)}} = 4,78 (D/a)^{0,92} H^{2,36} C$$

где $a = 1 + e^{-8,37} + 5,8 D/v$; $v = H - 1,16$;

от $D_{1,3}$; H ; числа стволов (N):

$$M_{\text{ств. в коре (вл)}} = (0,029 + 0,004/a) N (D/v)^{1,97} H^{2,95};$$

$$M_{\text{ств. в коре (сух)}} = (0,01 + 0,004/a) N (D/v)^{2,01} H^{3,01};$$

$$M_{кр (вл)} = 0,030 N (D/\varrho)^{3,40} H^{2,31} ;$$

$$M_{хв (вл)} = 0,040 N (D/\varrho)^{3,05} H^{1,82} ;$$

от $D_{1,3}$; H ; суммы площадей сечений (G , м²/га):

$$M_{ств. в коре (вл)} = (0,38 + 0,05/a) G D^{-0,03} \varrho^{-1,97} H^{2,95} ;$$

$$M_{ств. в коре (сух)} = (0,13 + 0,046/a) G D^{0,008} \varrho^{-2,008} H^{3,01} ;$$

$$M_{кр (вл)} = 0,36 G D^{1,40} \varrho^{-3,40} H^{2,31} ;$$

$$M_{хв (вл)} = 0,47 G D^{1,05} \varrho^{-3,05} H^{1,82} .$$

Анализ биологической продуктивности позволяет представить ее динамику в насаждениях без рубок ухода и формируемых по программам рубок ухода [1, 3, 5] (табл. 5). Сравнение показывает, что при

Таблица 5

Возраст, лет	Густота, шт. / га	Биологическая продуктивность сосняков, т/га (а. с. в.)						
		Ствол		Крона	Хвоя	Охвоенная часть кроны	Ветви	Надземная часть
в коре	Кора							
Кисличный								
20	- 2668	<u>17,1</u> 23,9	<u>2,57</u> 2,92	<u>3,62</u> 7,18	<u>2,02</u> 3,37	<u>2,93</u> 5,19	<u>1,60</u> 3,81	<u>20,7</u> 31,1
40	- 942	<u>45,5</u> 60,5	<u>4,01</u> 4,58	<u>5,97</u> 11,5	<u>2,35</u> 3,93	<u>3,55</u> 6,30	<u>2,62</u> 7,57	<u>51,5</u> 72,0
60	- 531	<u>84,1</u> 102,0	<u>5,51</u> 5,87	<u>9,03</u> 14,9	<u>2,91</u> 4,27	<u>4,52</u> 6,97	<u>6,12</u> 10,6	<u>93,1</u> 117,0
80	- 402	<u>113,0</u> 130,0	<u>6,32</u> 6,60	<u>11,5</u> 17,2	<u>3,34</u> 4,42	<u>5,32</u> 7,33	<u>8,16</u> 12,7	<u>125,0</u> 147,0
100	- 352	<u>131,0</u> 147,0	<u>6,80</u> 7,01	<u>13,2</u> 17,9	<u>3,63</u> 4,54	<u>5,81</u> 7,51	<u>9,57</u> 13,4	<u>144,0</u> 165,0
Черничный								
20	- 3615	<u>14,4</u> 18,4	<u>2,33</u> 2,58	<u>4,80</u> 6,24	<u>2,76</u> 3,22	<u>4,12</u> 4,92	<u>2,04</u> 3,02	<u>19,2</u> 24,6
40	- 1114	<u>37,9</u> 52,0	<u>3,52</u> 4,29	<u>6,11</u> 10,6	<u>2,46</u> 3,84	<u>3,75</u> 6,08	<u>3,65</u> 6,76	<u>44,0</u> 62,6
60	- 642	<u>69,2</u> 85,8	<u>4,90</u> 5,39	<u>8,49</u> 13,6	<u>2,87</u> 4,15	<u>4,46</u> 6,71	<u>5,62</u> 9,45	<u>77,7</u> 99,4
80	- 499	<u>91,8</u> 107,0	<u>5,59</u> 5,99	<u>11,4</u> 15,3	<u>3,45</u> 4,31	<u>5,50</u> 7,03	<u>7,95</u> 11,0	<u>103,0</u> 122,0
100	- 438	<u>103,0</u> 121,0	<u>5,83</u> 6,36	<u>12,9</u> 16,2	<u>3,70</u> 4,40	<u>5,95</u> 7,20	<u>9,20</u> 11,8	<u>116,0</u> 137,0

Продолжение табл. 5

Возраст, лет	Густота, шт. / га	Биологическая продуктивность сосняков, т/га (а. с. в.)						
		Ствол		Крона	Хвоя	Охвоен- ная часть кроны	Ветви	Надзем- ная часть
		в коре	Кора					
Брусничный								
20	-	11,6	2,16	4,44	2,78	4,10	1,66	16,0
	4633	14,9	2,33	5,57	3,09	4,69	2,48	20,5
40	-	29,4	3,11	5,34	2,36	3,57	2,98	34,7
	1478	40,8	3,78	9,34	3,67	5,77	5,67	50,1
60	-	55,1	4,29	7,41	2,67	4,12	4,74	62,5
	777	71,9	4,94	12,5	4,04	6,48	8,46	84,4
80	-	71,1	4,74	9,61	3,11	4,92	6,50	80,7
	607	89,6	5,51	14,0	4,20	6,79	9,80	104,0
100	-	82,0	5,05	11,1	3,39	5,41	7,71	93,1
	531	102,0	5,87	14,9	4,27	6,97	10,6	117,0
Чернично-долгомошный								
20	-	10,8	2,19	4,36	2,91	4,25	1,45	15,2
	5392	13,0	2,19	5,21	3,02	4,56	2,19	18,2
40	-	25,5	2,92	4,98	2,32	3,49	2,66	30,5
	1714	35,7	3,55	8,76	3,59	5,63	5,17	44,5
60	-	49,9	4,05	7,00	2,60	4,00	4,40	56,9
	856	65,8	4,74	12,0	3,99	6,39	8,01	77,8
80	-	68,0	4,62	9,43	3,08	4,87	6,35	77,4
	638	86,5	5,43	13,7	4,15	6,71	9,55	100,0
100	-	76,4	4,90	10,7	3,33	5,32	7,37	87,4
	561	96,2	5,71	14,5	4,25	6,88	10,3	111,0

Примечание. В числителе данные для древостоев, не пройденных рубками ухода; в знаменателе – формируемых рубками ухода.

систематическом проведении уходов (состав 8С2Б) к возрасту спелости можно повысить биологическую продуктивность сосняков на 15...28 % в зависимости от типов леса.

Таким образом, в северотаежных условиях биопродуктивность можно регулировать рубками ухода. В смешанных сосняках постоянную сомкнутость нельзя считать идеальным вариантом. Исходя из необходимости улучшения термического и гидрологического режимов таежных почв и целей лесовыращивания стволовой древесины необходимо поддерживать сомкнутость в пределах 0,7...0,8. Критерием напряженности роста может служить отношение диаметра к высоте. Его оптимальное значение близко к единице.

Фракционный состав фитомассы зависит от возраста и густоты.

Изучение биологической продуктивности имеет широкий спектр задач по следующим направлениям:

биофизический метод изучения фитоценозов, экосистем, техногенного воздействия;

фитомасса, таксационно-биометрическая характеристика;

сукцессии, биологическая и хозяйственная оценка, баланс органики; целевое лесовыращивание;

биологическое разнообразие, устойчивость экосистем;

динамика органики, потенциальная продуктивность лесных почв, фитоценозов;

макроклимат, углеродный баланс.

В совокупности определение общей биологической продуктивности, а также отдельных биометрических параметров может служить универсальным диагностическим методом при мониторинге состояния лесов, в том числе влияния изменения климата.

Необходим банк данных о динамике биопродуктивности лесной растительности на разных уровнях (локальный, экорегиональный и т.д.) при естественных сукцессиях, особенно в результате антропогенного воздействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Лесоводственные требования и нормативы затрат при рубках ухода за лесом и выборочных санитарных рубках на Европейском Севере / Г.А. Чибисов, В.А. Гушин, В.Н. Поротов и др. - Архангельск, 1987. - 43 с. [2]. Сеннов С. Н. Уход за лесом (Экологические основы). - М.: Лесн. пром-сть, 1984. - 128 с. [3]. Чибисов Г. А. Рубки ухода, состояние и перспективы развития // Леса и лесное хоз-во Архангельской области: Сб. науч. тр. АИЛиЛХ. - Архангельск, 1988. - С. 74 - 86. [4]. Чибисов Г. А. Биологическая продуктивность производных ельников, формируемых рубками ухода // Повышение продуктивности лесов Европейского Севера: Сб. науч. тр. АИЛиЛХ.- Архангельск, 1992. - С. 34 - 42. [5]. Чибисов Г. А., Поротов В. Н. Программы рубок ухода за лесом на Европейском Севере.- Архангельск, 1982. - 25 с.

Поступила 1 ноября 1995 г.

УДК 630*221:[630*231+630*232](470.22)

А.И. СОКОЛОВ

Институт леса Карельского НЦ РАН

Соколов Александр Иванович родился в 1944 г., окончил Петрозаводский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории искусственного восстановления и защиты леса Института леса Карельского НЦ РАН. Имеет 50 научных трудов в области лесовосстановления.



РУБКА И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЛЕСА В КАРЕЛИИ

Рассмотрены материалы учета ежегодной площади сплошных вырубок и объемов лесных культур. Приведены данные о структуре спелых и перестойных древостоев в сравнении с вырубленными. Указана необходимость разработки программного обеспечения для планирования лесовосстановительных мероприятий и контроля за их осуществлением.

The accounting materials on annual clearcut areas and volumes of artificial crops have been considered. The data on the structure of the mature and overmature trees in comparison with those cut out are given. The need for developing software for planning reforestation measures and control for their implementation is indicated.

Территория Карелии расположена в пределах северо- и средне-таежной подзон. В отличие от соседних областей основная часть ее лесопокрытой площади занята сосновыми лесами. В северотаежной подзоне преобладает сосна (75 %), в среднетаежной сосна и ель (42 и 37 %

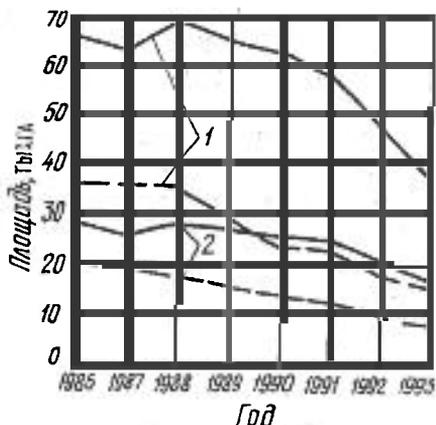
соответственно), доля березы 18 %. С учетом сходства в динамике естественного возобновления и агротехнике создания лесных культур все типы леса объединены в четыре группы [6]: I – лишайниковые, скальные; II – брусничные, воронично-брусничные и близкие к ним; III – черничные, разнотравные и близкие к ним; IV – долгомошные, багульниково-сфагновые, разнотравно-сфагновые. Эта классификация использована нами в исследованиях. Данные собраны по лесничествам, численность которых в процессе неоднократной реорганизации лесного хозяйства Карелии за последнее десятилетие изменилась, хотя территориальные границы сохранились. Выбирали сведения о площади вырубок, составе бывшего древостоя, типе леса, методах лесовосстановления. В северотаежной подзоне проанализированы показатели по 7 лесничествам общей площадью 55,6 тыс.га, в среднетаежной – по 20 (44,6 тыс.га).

Согласно данным Госкомлеса Карелии за 8 лет (начиная с 1986 г.) в республике пройдено рубкой 469,8 тыс.га. С 1990 г. площадь ежегодно вырубаемых лесов стала сокращаться и к 1993 г. составила 37,5 тыс.га. Соотношение площадей вырубок между северной и средней подзонами тайги до 1990 г. было довольно стабильным, леса рубили в основном на территории среднетаежной подзоны. Затем наметилась тенденция к их сближению, прежде всего за счет существенного снижения объемов рубки в северотаежной подзоне (рис.1).

Мероприятия по лесовосстановлению (лесные культуры и содействие естественному возобновлению) в среднетаежной подзоне проводили на площади 86...115 % годичной лесосеки, в северотаежной – 75... 98 %. Площадь лесных культур, в том числе на осушенных болотах, в среднетаежной подзоне составляла 51...75 % от ежегодно вырубаемой площади, в северотаежной – 29...44 %. Эти показатели выше рекомендуемых научными и проектными организациями (32...42 и 25...44 %).

Большой объем лесовосстановительных работ, который задавали централизованно, связан с наличием в лесфонде значительного количества не покрытых лесом площадей, которые в 1986 г. составляли 350 тыс.га, из них 80 % в северотаежной подзоне. Известно, что в Карелии, особенно в ее северной части, при выполнении мероприятий по содействию естественному возобновлению на преобладающей части вырубок в течение 10...15 лет формируются молодяки со значительным участием хвойных пород [2,8 и др.], поэтому при недостаточном финансировании лесохозяйственных работ восстановление леса искусственным путем в таких объемах было неоправданным. Потребность в создании лесных культур, особенно в северотаежной подзоне, в значительной степени объясняется несоблюдением основных лесоводственных требований при лесоразработках (уничтожается подрост, не оставляются обсеменители), несовершенством лесозаготовительной техники, некачественной обработкой почвы [3, 5, 10].

Рис. 1. Площадь вырубок (сплошная линия) и лесных культур (штриховая линия) на территории Карелии в 1986 – 1993 гг.: 1 – всего по республике; 2 – по среднетаежной подзоне



По материалам лесничеств за 1984 – 1993 гг. произошли изменения породного состава древостоев, поступающих в рубку. В северотаежной подзоне отмечено снижение доли сосняков и увеличение – ельников. Эта закономерность нарушена в 1993 г., что связано с падением в 2 раза площади отводимых в рубку насаждений. В среднетаежной подзоне также уменьшилась доля сосняков за счет ельников и березняков (рис.2).

В северотаежной подзоне в обследованных лесничествах 24...60 % лесопокрытой площади было представлено лишайниковой и брусничной группами типов леса. В спелых и перестойных насаждениях они занимали 14...40, в вырубленных лесах – 17... 43 %. Леса черничной группы составляли основную долю насаждений, достигших возраста рубки (29...70 %), и осваивались не менее интенсивно. Леса на почвах с избыточным увлажнением (IV группа типов леса) занимали 5,5...24,0 % лесопокрытой площади и 8...57 % площади спелых и перестойных насаждений. Однако достигший возраста рубки лес здесь вырубался далеко не полностью. В среднетаежной подзоне структура поступивших в рубку насаждений по группам типов леса также не

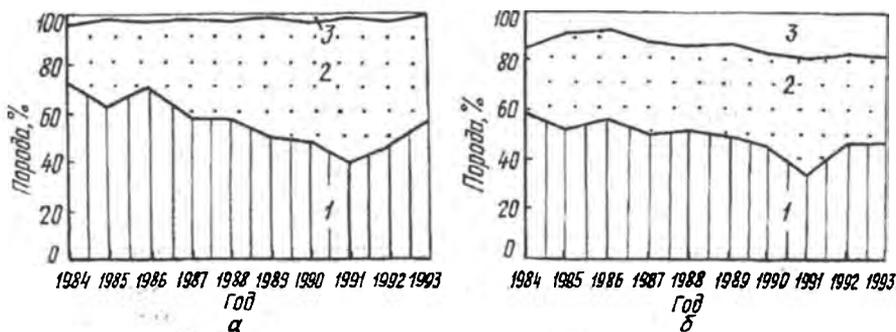


Рис. 2. Распределение площади вырубленных насаждений по породам: а – северотаежная; б – среднетаежная подзона; 1 – сосна; 2 – ель; 3 – береза

соответствовала структуре лесопокрытых площадей и насаждений, достигших возраста рубки. Основная часть вырубок (63...76 %) была из-под древостоев третьей группы типов леса, на долю которой приходилось от 34 до 58 % лесопокрытой площади и от 42 до 66 % площади спелых и перестойных насаждений. Четвертая группа типов леса занимала второе место (21...44 %), доля вырубок здесь составляла 4...24 %. Таким образом, в последние годы лесозаготовки вели в основном на суходолах и происходило накопление площадей насаждений, произрастающих на почвах с избыточным увлажнением. Задержка с освоением последних вызвана сокращением объема лесозаготовок в республике, большой трудоемкостью работ и относительно малым запасом древесины.

Анализ методов лесовосстановления в обследуемых лесничествах показал, что за период с 1984 г. по 1993 г. лесные культуры в северотаежной подзоне созданы в среднем на 22 % вырубленных площадей, на 49 % проведено содействие естественному возобновлению и 29 % оставлено под естественное зарастивание. В среднетаежной подзоне эти показатели составили соответственно 31, 29 и 40 %. Такие усредненные показатели близки к соотношениям методов искусственного и естественного возобновления, рекомендуемым проектными организациями. Однако данные о динамике лесовосстановительных работ показали, что в качественном отношении положение с лесовосстановлением к концу исследуемого периода ухудшилось. Несмотря на сокращение площади вырубок в 1,5 – 2,4 раза доля лесных культур сократилась по сравнению с 1984 г. в лесничествах северотаежной подзоны с 26 до 9 %, среднетаежной – с 42 до 18 %. В 1993 г. площадь вырубок, где проводились мероприятия по содействию естественному возобновлению, в первом случае составила 66, во втором – 21 %, под естественное зарастивание осталось соответственно 25 и 61 %.

Основной объем работ по созданию лесных культур и содействию естественному возобновлению выполняли на вырубках из-под насаждений третьей группы типов леса. На эту же группу приходилась большая часть вырубок, оставленных под естественное зарастивание.

В последние годы сократились площади лесных культур на свежих вырубках. Это следует рассматривать как негативное явление, поскольку увеличилась доля вырубок из-под насаждений черничной группы типов, значительная часть которых может быть восстановлена хвойными породами только искусственным путем [7, 9 и др.].

На территории республики при соблюдении лесоводственных требований к разработке лесосек вырубки хорошо возобновляются естественным способом, причем на половине из них преобладают сосна и ель. Возобновление хвойных пород, в основном сосны, успешно идет в северотаежной подзоне; на большей части вырубок среднетаежной подзоны преобладает возобновление лиственных пород. Основными причинами неудовлетворительного возобновления хвойных являются уничтожение подроста при разработке лесосек и их очистке, отсутствие

источников семян сосны и ели, большие размеры вырубок, мощная лесная подстилка, препятствующая появлению всходов.

В сосняках зеленомошной группы типов леса примерно на 50 % площади сосна вытесняется елью [1], поэтому нежелательна ориентация на сохранение подроста ели, хотя он и имеется в достаточном количестве. Здесь следует создавать культуры сосны посадкой. На 85 % площади вырубок из-под еловых насаждений преимущественно формируются лиственные молодняки [4]. Улучшить условия для восстановления ели можно, сохраняя ее подрост на 30...40 % площади лесосеки, создавая лесные культуры саженцами, используя рубки ухода, а также более совершенную технику и технологию лесозаготовок.

Для сокращения сроков лесовозобновления и повышения доли хвойных в составе формирующихся молодняков следует оставлять на лесосеках источники обсеменения и проводить обработку почвы. В условиях дефицита средств данный способ должен быть основным при восстановлении сосны в северотаежной подзоне Карелии.

В компьютерном банке данных по лесосечному фонду лесхозов основными показателями являются порода, запас, класс бонитета. Тип леса и его состав не учитываются, что не позволяет использовать имеющуюся информацию как для перспективного, так и оперативного планирования работ по лесовосстановлению. Целесообразна разработка программного обеспечения для предприятий лесного хозяйства, позволяющего не только учитывать лесосечный фонд, но и планировать лесовосстановительные мероприятия на типологической основе с помощью имеющихся научных разработок [6], контролировать их выполнение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Валяев В.Н. Смена сосны елью в Карелии и ее проблемы // Лесоведение. - 1971. - № 1. - С. 10 - 11. [2]. Виликайнен М.И., Зябченко С.С. Динамика естественного возобновления сплошных концентрированных вырубок в сосняках Карелии // Состояние возобновления и пути формирования молодняков на концентрированных рубках Северо-Запада европейской части СССР: Тез. докл. к Всесоюз. совещ. (17 - 20 авг. 1971 г.). - Архангельск, 1971. - С.18 - 20. [3]. Зябченко С.С., Иванчиков А.А. Особенности естественного возобновления леса в Карелии // Проблемы лесовосстановления в таежной зоне: Тез. докл. Всесоюз. конф. Красноярск (13 - 15 сент. 1988). - Красноярск, 1988. - С. 90 - 91. [4]. Казимиров Н.И. Ельники Карелии. - Л., 1971. - 140 с. [5]. Калинин Н.П., Писаренко А.И., Смирнов Н.А. Лесовосстановление на рубках. - М.: Экология, 1991. - 384 с. [6]. Методические указания по планированию лесовосстановительных работ в Карельской АССР / Сост. С.С. Зябченко, А.А. Иванчиков, В.М. Медведева. - Петрозаводск, 1983. - 14 с. [7]. Ронконен Н.И. Вырубки и естественное лесовозобновление на них // Лесовосстановление в Карельской АССР и Мурманской области. - Петрозаводск, 1975. - С. 36-65. [8]. Сарманаев А.Н. Изучение хода естественного возобновления при лесоустройстве в лесах

КАССР // Состояние возобновления и пути формирования молодняков на концентрированных вырубках Северо-Запада европейской части СССР: Тез. докл. к Всесоюз. совещ. (17 - 20 авг. 1971 г.). - Архангельск, 1971. - С. 18 - 20. [9]. Синькевич М.С., Шубин В.И. Искусственное возобновление леса на вырубках Европейского Севера. - Петрозаводск, 1969. - 180 с. [10]. Шубин В.И., Соколов А.И. Оценка искусственного лесовосстановления на вырубках // Вопросы лесовосстановления и лесозащиты в Карелии. - Петрозаводск, 1983. - С. 13 - 35.

Поступила 28 июня 1996 г.

УДК 630*23

В.Ф. ЦВЕТКОВ, Р.Н. КЛИМОВ, А.С. КОЗОБРОДОВ

Архангельский государственный технический университет



Цветков Василий Фролович родился в 1935 г., окончил в 1958 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, член-корреспондент РАЕН, заведующий кафедрой лесоводства и почвоведения Архангельского государственного технического университета. Имеет более 200 печатных работ в области лесоводства и лесоведения, социальной экологии и охраны окружающей среды на Севере.



Козобродов Анатолий Семенович родился в 1931 г., окончил в 1955 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства и почвоведения Архангельского государственного технического университета. Имеет 53 печатные работы по вопросам лесовосстановления лиственницы сибирской и других хвойных пород, лесного почвоведения, влияния рекреационных нагрузок на лесные биогеоценозы.

К ОЦЕНКЕ И ВЫБОРУ СПОСОБОВ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ

На основе анализа лесовосстановления, изучения производственного опыта и материалов лесоустройства осуществлена систематизация вырубок по направлениям естественных возобновительных процессов. Дано ориентировочное соотношение способов лесовосстановления.

Based on the analysis of reforestation, study of production practice and data on forestry management, the systematization of fellings by the lines of natural regeneration processes has been carried out. Some orienting relationship of the reforestation methods has been presented.

Лесовосстановительные процессы на вырубках Европейского Севера России отличаются неоднородностью. Наблюдается высокая изменчивость темпов накопления численности древесных растений, формирования породного состава и хода роста молодого поколения в зонально-географическом плане и по типам ландшафтов [1, 2, 5, 10]. Лесовозобновление на сплошных вырубках сильно различается по типам условий произрастания: неодинаковое участие молодняка предварительной генерации, большая изменчивость породного состава и взаимоотношения пород, а также темпов роста группировок растительности [6, 14, 24]. Характерной особенностью возобновительных процессов после рубки в условиях Севера является высокое участие поколений дорубочного происхождения [1, 8, 12, 26]. Сравнительный анализ закономерностей заселения вырубок древесной растительностью открывает возможности не только планировать хозяйственные мероприятия, но также прогнозировать лесовыращивание.

В порядке такого анализа с использованием действующих лесоводственных критериев и нормативов поступающие в рубку насаждения нами разделены на несколько групп с учетом направлений и вероятных путей естественного лесовозобновления (табл. 1).

Как следует из данных таблицы, практически половину площадей (45...50 %) занимают участки первой группы, на которых успешное лесовозобновление можно обеспечить мерами сохранения подроста. Около 35 % площадей лесосеки составляют участки второй группы, где естественное лесовозобновление проходит с задержкой и повышенным участием лиственных пород. Здесь необходимы меры по сохранению 50...60 % имеющегося подроста и оставление источников семян.

На вырубках третьей группы (10...12 % площадей) естественное лесовозобновление может быть обеспечено первоначально за счет дружного поселения лиственных пород, а затем пополнения лиственных ценозов деревьями хвойных пород. Для накопления преемлемого количества последних необходимо оставлять источники семян.

Четвертая разновидность – совокупность участков, на которых в приемлемые сроки качественное лесовозобновление может происходить при оставлении источников семян и подготовке почвы.

Приведенное в табл. 1 соотношение способов лесовозобновления при современной системе хозяйствования представляет вариант наиболее рационального решения проблемы. Исследования 70–80-х гг. [16, 17, 20] показали, что затраты на обеспечение качественного естественного лесовозобновления на вырубках, представляющих участки 1–3-й групп, оказываются экономически эффективными. На долю этих совокупностей участков приходится 85...90 % площади лесосеки. Ожидаемое некоторое снижение эффективности за счет задержки и снижения качества лесовозобновления на вырубках 2–3-й групп (относительно гипотетически оптимальных вариантов) не может быть компенсировано созданием лесных культур по современным технологиям. Сомнение могут вызвать лишь участки 3-й группы в черничном влажном и долгомошном типах лесорастительных условий, где возобновлению мешают сильно развитая лесная подстилка и мощный живой напочвенный покров.

Итак, однозначно оправданными экономически (по критериям 70–80-х гг.) могут быть лишь лесные культуры на участках, отнесенных к 4-й группе, т. е. на 8...12 % площади лесосек. В 90-х гг. при жесточайшем экономическом кризисе, поразившем весь лесной комплекс, искусственное лесовозобновление на Севере становится вообще недоступным. В благоприятных же экономических условиях, напротив, лесные культуры могут быть созданы на части вырубок 3-й группы

Таблица 1

Структура площадей лесосечного фонда по способам лесовозобновления

Тип лесорастительных условий	Представленность площадей сосняков (числитель) и ельников (знаменатель), %			
	Сохранение подроста	Сохранение подроста и оставление семенников	Оставление источников семян	Оставление источников семян и подготовка почвы
Зеленомошный	$\frac{50...55}{45...50}$	$\frac{30...35}{20...25}$	$\frac{5...10}{15...20}$	$\frac{5...10}{10...15}$
Травяной, кисличный	$\frac{45...50}{40...45}$	$\frac{45...55}{35...40}$	–	–
Черничный влажный, долгомошный	$\frac{40...45}{50...55}$	$\frac{40...45}{30...40}$	$\frac{10...15}{10...15}$	–
Итого	$\frac{45...50}{45...50}$	$\frac{40...45}{30...35}$	$\frac{5...10}{15...17}$	$\frac{\leq 5}{\leq 5}$

(упомянутые участки в условиях черничного и долгомошного типов). На их долю приходится 6...11 % площадей годичной лесосеки.

Рубка древостоев даже с соблюдением всех лесохозяйственных требований существенно меняет ситуацию: структура лесовосстановительного фонда трансформируется. Это хорошо подтверждается материалами освидетельствования вырубок 80-х гг. Прежде всего изменяется доля площадей с сохраненным подростом. Если на зимних лесосеках она несколько выше средней плановой, то на летних обычно сокращается. Имеют значение применяемые комплексы механизмов и соответствующие им технологии.

По обобщенным данным все вырубки могут быть объединены в три категории лесовосстановительного фонда:

а) с успешным предварительным возобновлением (с достаточным количеством жизнеспособного подроста);

б) с неудовлетворительным и недостаточным предварительным возобновлением, сохраняющие способность успешного последующего естественного лесовозобновления;

в) с неудовлетворительным и недостаточным предварительным возобновлением, не имеющие потенциала последующего лесовозобновления.

В качестве критериев при группировке использовали определенные сочетания следующих, многостепенно проявляющихся факторов [19, 21]: наличие и состояние подроста предварительной генерации; обеспеченность участка источниками семян и вероятность семеношения; характер и состояние напочвенного покрова (выраженность эдификаторной роли сорной растительности, мера нарушения или трансформации почвы).

Каждая из перечисленных категорий площадей представляет собой множество достаточно разных по фитоценотической структуре, но однородных по направлению и успешности лесовозобновительных процессов участков вырубок (парцеллы, фрагменты). В общей сложности в зеленомошной группе типов леса выделено 13...16 таких парцелл [22, 23]. Категорию «а» образуют 6...8 типичных разновидностей, которые, в свою очередь, целесообразно объединить в три хозяйственные группы вырубок с достаточно определенными параметрами лесовозобновительных процессов:

с густым и (или) крупным жизнеспособным подростом и тонкомером хвойных (15...20 %);

с умеренными численностью и качеством подроста и тонкомера хвойных (30...35 %);

с недостаточными количеством и жизнеспособностью подростом (40...55 %).

В целом вырубки указанных хозяйственных групп составляют 43...48 % площади годичной лесосеки. Во всех случаях лесовозобновительные процессы здесь развиваются сравнительно быстро. Формируются ценозы с преобладанием хвойных пород. Ель и сосна вначале, однако, нередко оказываются в нижней и средней частях полога, но в

последующем сравнительно рано выходят в основную его часть и занимают доминирующее положение [3, 4, 6, 11]. За счет «запаса» высоты и возраста развитие древостоев идет по коротко восстановительным вариантам. Оборот рубки по главной породе сокращается на 20...50 лет. В условно исходное состояние насаждение возвращается через 120...155 лет, сначала на участках первой хозяйственной группы, затем – второй, в последнюю очередь – третьей.

Вырубки категории «б» более разнообразны по своей природе и характеру лесовозобновительных процессов. Эта множественность включает три разновидности участков:

с редким подростом предварительной генерации в количестве, недостаточном для быстрого формирования нового лесного ценоза;

с благоприятными условиями для последующего возобновления хвойных (огневое воздействие или слабое механическое нарушение подстилки и хорошее обеспечение источниками семян);

с обильным мелким подростом хвойных пород предварительной генерации.

Первоначально на большинстве участков первой совокупности подрост ели занимает место в нижней части полога или под ним. Однако через 40...50 лет после рубки на таких участках следует ожидать формирования хвойно-лиственных древостоев с участием главной породы на уровне 3-4 единиц состава. Через 115 ...125 лет формируется елово-лиственный древостой с присутствием главной породы в количестве 5-6 единиц, в том числе 4-5 единиц спелой ели. В сравнении с аналогичными участками категории «а» (с более крупным и (или) густым подростом) оборот рубки увеличится на 15...25 лет, по сравнению со «стандартным» вариантом сократится на 5...15 лет. Таким образом, развитие экосистем в послерубочный период пойдет здесь по отчетливо восстановительному пути с небольшим превышением оборота рубки относительно модального восстановительного ряда. Для возвращения экосистемы в условно исходное состояние потребуется 145...155 лет.

На участках второй совокупности формирование начального производного древостоя из лиственных пород происходит через 5...7 лет после рубки. Ель остается в нижней части полога, сосна занимает среднее положение. На 40-50-летних вырубках образуются двухъярусные древостои из разновозрастных поколений. В сосновой формации в верхнем ярусе береза, осина и сосна, в нижнем – ель; в еловых лесах в первом ярусе береза и осина, во втором – ель. Средний возраст поколений различается на 5...7 лет.

Лиственный элемент древостоя достигает спелости через 75...85 лет после рубки [27], ель – через 115...125 лет, образует без вмешательства лесовода относительно разновозрастные древостои. Развитие древостоев также идет по близкой к стандарту траектории – по типу модального восстановительного ряда. Для возвращения в условно исходное состояние требуется около 160...180 лет.

Представленность вырубок второй совокупности категории «б» сильно варьирует в зависимости от типологической структуры лесосеч-

ного фонда, применяемых технологий, типов механизмов, сезона лесоэксплуатации. Доля их в годичной лесосеке при летних рубках выше, чем при зимних. В случае применения тяжелой техники (ВТМ ЛП-49, ЛП-17, ЛП-19; ТЛ-154) представленность снижается.

Ситуация на вырубках третьей совокупности во многом схожа с предыдущей. Первичный древесный полог на вырубке образуется на 4–6-й год. «Запас» возраста самосева хвойных в 3...7 лет создает определенные преимущества его перед лиственными, в особенности при участии сосны. Тем не менее через 45...50 лет после рубки эти преимущества почти исчезают. Ель в таких ситуациях повсеместно занимает II ярус, хотя с несколько меньшей разницей в высотах с лиственными I яруса. В сосновом хозяйстве производные лесные биогеоценозы могут развиваться по траекториям, занимающим место между типичными восстановительными и длительно восстановительными рядами. В большинстве же случаев события развиваются по модальному длительно восстановительному типу.

Лиственный древостой достигает товарной спелости через 70...80 лет после рубки (средняя подзона тайги). Ель становится преобладающей породой при давности рубки 120...130 лет, технически спелой через 130...135 лет. Для выхода экосистемы в условно исходное состояние потребуется не менее 170...185 лет.

В зависимости от применяемых технологий, сезона рубки и особенностей лесосечного фонда доля площадей вырубок первой совокупности колеблется от 8...11 до 25...30 %, второй – 10...13 %, третьей – 1...7 %. В целом на долю вырубок категории «б» приходится 40...45 % общей площади лесосеки. Соотношение между площадями рассматриваемых совокупностей сильно колеблется по годам и трудно прогнозируется.

Таким образом, на участках вырубок категории «б» преобладают насаждения смешанного состава и различного происхождения. Создание здесь лесных культур не дает ни реального сокращения периода лесовосстановления, ни значимого увеличения хвойных пород в составе древостоя [10, 15]. Развитие древостоев на участках лесных культур также идет по обычному восстановительному типу. Опыт показывает, что в подобных ситуациях на вырубках категории «б» могут оказаться эффективными частичные культуры. Целесообразность проведения здесь недорогих частичных посадок в малых контурах особенно оправдана в условиях новых принципов хозяйствования.

Самую неоднородную множественность образуют участки вырубок категории «в». Главными их признаками являются недостаток источников обсеменения и неблагоприятные напочвенные условия для восприятия семян. В эту категорию входят три совокупности участков:

сильно минерализованные и подтопленные (вследствие нарушения дренажа) фрагменты магистральных волоков и верхних складов;

минерализованные и захламленные участки верхних складов, погрозочных площадок, волоков на конечных их частях;

с сильно развитым и ненарушенным напочвенным покровом: заболоченные, сильно олуговелые, а также с мощной подстилкой и густым живым покровом из мхов – пространства между волокнами.

Лесовозобновительные процессы на вырубках категории «в» проходят с задержкой. Это отмечают все исследователи в разных районах [7, 9, 13, 15, 18, 25]. В течение первых 20 лет почти повсеместно в возобновлении участвуют лишь лиственные, причем молодое поколение леса, как правило, характеризуется понижением темпов роста. В конечном счете лесовозобновление на вырубках этой категории проходит по длительно производному типу. Отмечается снижение класса бонитета вновь образующихся насаждений.

Представленность вырубок категории «в» сильно варьирует в зависимости от сезона рубки, применяемых технологических схем и лесорастительных условий от долгомошной группы типов леса к зеленомошной, по мере улучшения дренированности почв. При лесосечных работах в бесснежный период представленность этой совокупности участков резко возрастает по отношению к делянкам, разрабатываемым зимой. В зеленомошной группе на них приходится 15...23 % площади. Наибольшее количество таких участков отмечено на лесосеках, разрабатываемых с применением ВТМ ЛП-49, комплексов ЛП-17, ЛП-19 + ТЛ-154. В тех же условиях зеленомошных типов леса при работе в летнее время после ЛП-49 на такие участки приходится 30...40 % площади, после работы агрегатных многооперационных комплексов – 25...35 %. В среднем доля вырубок категории «в» колеблется от 8...10 до 35...37 %, в зимнее время от 4...5 до 10...12 %.

Анализ данных позволяет получить усредненную и дифференцированную структуру площадей фонда лесовосстановительных работ в лесах Европейского Севера по состоянию на начало 90-х гг. (табл. 2).

Таблица 2

**Усредненная структура фонда лесовосстановления
по категориям вырубок**

Технология, комплекс механизмов	Площадь категорий вырубок, %					
	в бесснежный период			в период со снегом		
	а	б	в	а	б	в
Бензопила, ТДТ-55А, трелевка в хлыстах	50	40	10	65	30	5
То же, трелевка с кроной	45	42	13	60	35	5
ВТМ ЛП -17, ЛП - 19, ТЛ - 154	15	63	22	23	64	13
ВТМ ЛП - 49	13	47	40	20	68	12
Комплекс многоопера- ционных колесных машин	40	45	15	50	40	10
Среднее	40	43	17	55	37	8

Примечание. а, б, в – категории вырубок.

Таким образом, при современном уровне лесоводства при воспроизводстве лесных ресурсов на Европейском Севере России должно доминировать естественное возобновление (на 83...92 % площади лесосек). Мероприятия по искусственному лесовосстановлению здесь не могут обеспечить повышения эффективности лесовыращивания. Сегодня примерно на 75...80 % площадей лесных культур затраты на них надо признать неоправданными. При организации лесовосстановительных работ в обозримом будущем необходимо ориентироваться на увеличение объемов мероприятий по содействию естественному возобновлению. Дифференцированный подход к проведению позволит повысить их эффективность, обеспечит сохранение позиций хвойных пород на большинстве площадей, поступающих в рубку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Аникеева В.А., Степуренко А.В., Трубин Д.В. Особенности естественного возобновления леса на концентрированных вырубках // Матер. отчет. сессии по итогам НИР за 1992. - Архангельск: АИЛиЛХ, 1993. - С. 43 - 46. [2]. Анисочкин В.Г. Состояние лесовозобновления на вырубках в таежных лесах европейской части РСФСР по данным математико-статистической инвентаризации // Повышение эффективности лесного хозяйства и лесопользование: Науч. тр. МЛТИ. - М., 1988. - Вып. 199. - С. 45 - 49. [3]. Волков А.Д., Лазарев Н.А., Надуткин В.Д. Крупный подрост и тонкомер - резерв формирования новых насаждений // Лесн. хоз-во. - 1967. - № 6. - С.33 - 38. [4]. Волосевич И.В. К определению оборота рубок в ельниках, формирующихся из подроста и тонкомера // Вопросы лесоустройства и таксации лесов Европейского Севера. - Вологда: Сев. - Зап. кн. изд-во, 1968. - С.126 - 136. [5]. Вялых Н.И. Лесовосстановительные процессы в зависимости от технологии лесосечных работ в еловых лесах // Рубки ухода и главного пользования на Европейском Севере. - Архангельск: АИЛиЛХ, 1980. - С. 103 - 114. [6]. Казимиров Н.И. Роль елового подроста в восстановлении лесов // Лесн. хоз-во. - 1969. - № 4. - С. 20 - 22. [7]. Казимиров Н.И. Ельники Карелии. - Л.: Наука, 1971. - 138 с. [8]. Калининченко Н.П., Писаренко А.И., Смирнов Н.А. Лесовосстановление. - М.: Лесн. пром-сть, 1973. - 188 с. [9]. Климов Р.Н. Эффективность воспроизводства еловых лесов в связи с рубками на Европейском Севере // М.В. Ломоносов и Север. - Архангельск, 1986. - С. 293 - 296. [10]. Ларин В.Б., Паутов Ю.А. Формирование хвойных молодняков на вырубках северо-востока европейской части СССР. - Л.: Наука, 1989. - 145 с. [11]. Львов П.Н., Ипатов Л.Ф., Плехов А.А. Лесовозобновительные процессы и их регулирование на Севере. - Архангельск, 1980. - 111 с. [12]. Моисеев Н.А., Волосевич И.В., Дядицын Г.Н. Результаты рубок с сохранением хвойного подроста в лесах Севера // Лесн. хоз-во. - 1966. - № 5. - С. 6 - 10. [13]. Неменьший Е.И. Эффективность сохранения подроста на сплошных вырубках // Лесн. хоз-во. - 1984. - № 11. - С. 23 - 26. [14]. Обыденников В.И. Новая лесозаготовительная техника и возобновление леса. - М.: Лесн. пром-сть, 1980. - 96 с. [15]. Писаренко А.И. Основные направления лесовосстановления на вырубках // Проблемы лесовосстановления: Тез. докл. пленар. засед. Всесоюз. науч. конф. - М., 1974. - С. 20 - 24. [16]. Побединский А.В. Основные направления ле-

совосстановления на вырубках. - М.: Лесн. пром-сть, 1973. - 200 с. [17]. Рубцов Н.И. Правильное сочетание естественного и искусственного возобновления хозяйственно ценных пород // Состояние возобновления и пути формирования молодняка на концентрированных вырубках: Тез. докл. Всесоюз. совещ. - Архангельск, 1971. - С. 81 - 83. [18]. Румянцев Г.Т., Конева Н.И. Экономическая эффективность разных способов лесовозобновления // Там же. - С. 254 - 256. [19]. Холопова Л.Б., Солнцева О.Н. Растительный и почвенный покров через 25 лет после сплошной рубки древостоя // Динамика естественных и искусственных биогеоценозов Подмосквья. - М.: Наука, 1967. - С. 52 - 62. [20]. Цветков В.Ф. О направлениях процессов формирования сосновых молодняков на Кольском полуострове // Естественная среда и биологические ресурсы на Крайнем Севере. - Л.: Геогр. общ-во СССР, 1975. - С. 55 - 64. [21]. Цветков В.Ф., Гушин В.А. Лесоводственно-экономическое обоснование естественного и искусственного лесовозобновления в Коми АССР // Сб. статей по итогам договоров НИР за 1973 - 1975 гг. - М.: Лесн. пром-сть, 1977. - С. 140 - 146. [22]. Цветков В.Ф. Типы формирования насаждений на сплошных вырубках сосновых лесов Мурманской области // Лесоведение. - 1986. - № 3. - С. 10 - 18. [23]. Цветков В.Ф. Вопросы антропогенной динамики сосновых лесов Европейского Севера в географическом аспекте // Эколого-географические проблемы сохранения и восстановления лесов Севера // Эколого-географические проблемы: Тез. докл. Всесоюз. науч. конф. - Архангельск, 1991. - С. 24 - 27. [24]. Цветков В.Ф. Типы формирования насаждений и динамическая типология лесов // Проблемы динамической типологии лесов: Тез. докл. Всерос. совещ. - Архангельск, 1995. - С.53 - 56. [25]. Чертовской В.Г. Естественное возобновление леса в таежной зоне европейской части СССР // Лесн. хоз-во, - 1972. - № 5. - С. 11 - 17. [26]. Чертовской В.Г., Пигарев Ф.Г. Возобновление леса в Архангельской и Вологодской областях // Возобновление леса. - М.: Колос, 1975. - С. 38 - 46. [27]. Чупров Н.П. Берзовые леса. - М.: Агропромиздат, 1986. - 104 с.

Поступила 20 октября 1996 г.

УДК 630*23

В.Ф. ЦВЕТКОВ

Архангельский государственный технический университет

КЛАССИФИКАЦИЯ ВЫРУБОК И ПОТЕНЦИАЛ ФОРМИРОВАНИЯ НАСАЖДЕНИЙ В ЕЛЬНИКЕ ЧЕРНИЧНОМ

На основе изучения лесовозобновительных процессов осуществлена группировка вырубок и охарактеризованы генетико-динамические ряды формирования и последующего развития производных насаждений.

Based on the investigation into the forest regeneration processes, the grouping of the felled areas has been carried out, and the genetic-and-dynamic ranges of forming and further developing derived crops have been characterized.

Рациональное ведение лесного хозяйства предполагает хорошее знание закономерностей возникновения и развития лесных насаждений, изменения их лесоводственно-биологических и таксационных (морфометрических) показателей. Базой данных для суждения о законах развития лесов служат типологические классификации и таблицы хода роста древостоев. Однако построенные на принципах генерализации и обобщений (выравниваний) массовых данных, эти нормативные материалы оказываются по-существу абстрагированными и не обладают нужной разрешающей способностью в конкретных условиях.

Проблема диагностирования лесообразовательных процессов и параметризации вероятных направлений развития производных насаждений может быть решена разработкой динамических моделей наиболее типичных (условно стандартизованных) рядов возникновения и развития насаждений, выделяемых в пределах совокупностей участков одного исходного типа условий произрастания (типа леса). Идеи генетико-динамической систематизации насаждений, выделения естественных однородных рядов возникновения и развития насаждений получили широкое признание в 60–80-х гг. на Урале [5, 6, 9, 15]. Биологическая основа этих подходов была подготовлена еще ранними работами В.Н. Сукачева. К этой идее на Европейском Севере несколько раз обращался также И.С. Мелехов [10, 11]. Некоторые исследования цитируемых авторов завершились разработкой классификационных типологических схем, таблиц динамики конкретных рядов насаждений. Подобные попытки разделения насаждений на возникшие из подроста, из молодняка последующей генерации и т.п. были предприняты на Европейском Севере. Однако эти работы не имели под собой системной основы, выполнялись по разным методикам, имели различные практические цели и лишь в общих чертах учитывали генезис насаждений.

Нами по данным многолетних исследований и статистически обоснованно отобранным материалам лесоустройства для четырех лесхозов Архангельской области систематизированы площади лесного фонда и определены рамки представительных генетических рядов лесовозобновления в наиболее распространенном типе условий произрастания – ельнике черничном свежем средней подзоны тайги.

При анализе лесовозобновления на вырубках в рассматриваемом типе леса в современных условиях хозяйствования выделено 13...16 типов фрагментов (парцелл), характеризующихся разным комплексом условий возобновительной среды. Несмотря на то, что в конкретных условиях никогда не образуется весь спектр фрагментов, столь дробная дифференциация не может быть освоена практикой.

В связи с некоторым сходством типов фрагментов по эффекту лесовозобновления и с учетом характерных их сочетаний выделено 6...8 групп, представляющих наиболее типичные ситуации (хозяйственные группы вырубок [16]).

Каждая такая совокупность гипотетически выводит на один-два хозяйственно значимых направления лесообразования – типы формирования производных насаждений. С другой стороны, хозяйственная группа связана с определенными способами лесозексплуатации и природной структурой исходного насаждения.

Под типом формирования насаждений понимается классификационная категория лесных площадей, выделяемых в пределах одного исходного типа условий произрастания по однородности процессов лесовозобновления, формирования и последующего развития производных лесных биогеоценозов. В условиях конкретного лесного фонда это набор участков вырубок, молодняков, насаждений среднего возраста и других возрастных групп, однородных по структуре всех компонентов биогеоценоза, развивающегося в режиме прогрессирующей саморегуляции.

Первую группу представляют несколько разновидностей участков (фрагментов), имеющих достаточно густой крупный подрост и тонкомер ели. Густота 80–120-летней ели, размещенной небольшими куртинами, мелкими группами и отдельными деревьями, колеблется от 2,0 до 4,1 тыс. шт./га. Преобладают деревья высотой более 2,5 м. Густота тонкомера (состав 6–8Е2–4Б) 0,14...0,29 тыс. шт./га. По мнению лесоводов [2, 12], вырубки подобного типа – это участки после насаждений с невысокой сомкнутостью, чаще расстроенных предшествующими рубками или стихийными силами. На долю вырубок этой хозяйственной группы в 80-х гг. приходилось 1,7...4,9 %, в среднем около 4,0 %.

Вторая хозяйственная группа вырубок – совокупности участков, где доминирующими оказываются фрагменты с достаточно густым крупным и средним подростом, а также с редким тонкомером ели и березы. Густота подростка в куртинах разных размеров и группах 1,4...2,2 тыс. шт./га. Помимо ели в молодом поколении присутствуют береза, осина, ольха, а в ряде случаев также лиственница. По результатам натуральных обследований, фрагменты с подростом в таких случаях занимают площади от 0,07 до 1,26 га. На долю участков этой совокупности в зеленомошных группах условий произрастания приходится 1,9...8,8 %, в среднем 6,0 %.

Фрагменты первой и второй хозяйственных групп чаще тяготеют к периферийным частям лесосек, а также к участкам компактных недорубов. Вместе с тем на вырубках зимнего периода нередко куртины хорошо сохранившегося подростка средних размеров, размещенные полосами на участках пашек и технологических лент.

Третью группу образуют участки вырубок с наличием мелкого и среднего подростка ели, а также редкого тонкомера. Густота подростка колеблется от 1,8 до 4,4 тыс. шт./га независимо от полноты исходного

древостоя. Размещен он небольшими куртинами, группами, а также рассеян по площади.

Вырубки рассматриваемой разновидности производны, скорее всего, от одновозрастных или условно одновозрастных насаждений. Площадь участков этой группы колеблется от 0,02 до 1,02 га. Доля их в годичной лесосеке колеблется от 11,5 до 16,6, составляя в среднем 13 %.

Четвертую совокупность представляют довольно неоднородные по лесоводственным характеристикам типы фрагментов (парцелл). Для них типичен развитый мохово-кустарничковый покров. Присутствуют редкие подрост и тонкомер ели (0,3...0,8 тыс. шт./га). Условия для прорастания семян неоднородны. В напочвенном покрове представлены угнетенные вейник и луговик. Такие участки предрасположены к образованию дернины (вариации неполночленных типов вейниковой или луговиковой вырубкой).

Участки четвертой группы вырубкой занимают 23,0...31,4 % (в среднем 28 % площади). Обычно это пасаеки вытянутой конфигурации размером от 0,4 до 1,4 га. На вырубках зимнего периода фрагменты этого типа могут достигать 5,0 га и более.

Пятая разновидность вырубкой – участки (вырубки), сложенные в основном фрагментами со слабым и умеренным повреждением почвы и напочвенного покрова, без подроста, с единичным подростом и тонкомером, большей частью поврежденным. Это участки пасаек, технологических лент, полос, разработанных ЛП-2, ВТМ ЛП-17А, ЛП-19 в летнее время. Площадь участков этой группы также сильно варьирует: от 0,01 до 1,80 га.

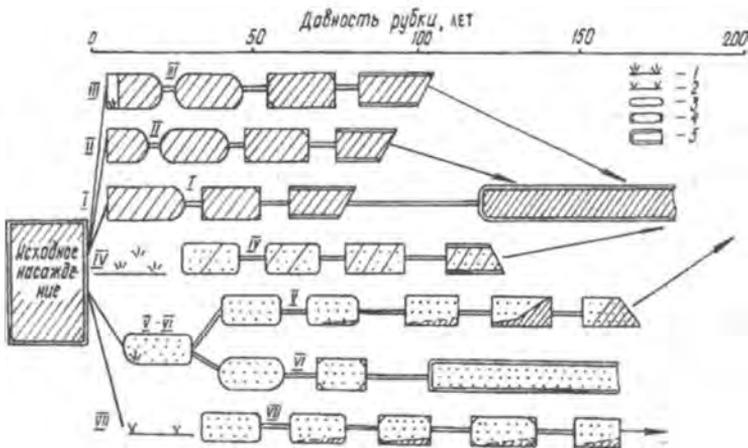
Среди вырубкой пятой группы выделяются участки, тяготеющие к семенным полосам, куртинам, стенам леса, т.е. хорошо обеспеченные источниками семян. Другая часть вырубкой не обеспечена источниками семян в достаточном количестве. В периоды, благоприятствующие семеношению, ход лесовозобновления на этих разновидностях групп вырубкой существенно различается. Доля площадей пятой группы оценивается в среднем 36 %. По обеспеченности семенниками вырубкой делятся на две примерно равные части.

Шестая хозяйственная группа – фрагменты сильно минерализованных и захламленных (в том числе погребенными порубочными остатками) вырубкой. Напочвенный покров, лесная подстилка отсутствуют или перемешаны с минеральным грунтом разной генетической природы. Почва по существу сильно разрушена, эдатоп трансформирован. По мнению исследователей [3, 4, 7), здесь складываются неблагоприятные условия для поселения древесных пород, даже менее прихотливых лиственных. Решающее значение имеют уплотнение почвы и уничтожение ее верхних горизонтов, ухудшение водопроницаемости, аэрированности субстрата. На фрагментах с погребенной органикой почвенный субстрат может быть токсичен для проростков древесных пород. В целом доля участков сильно минерализованных и захламленных (разделочные сучкорезные площадки, места стоянок техники и т.п.) равна примерно 13 % площади вырубкой.

Приведенное соотношение хозяйственных групп вырубок и их парцеллярную структуру не следует расценивать как нечто постоянное, установившееся. Содержание типов фрагментов, их представленность в объеме годичной лесосеки меняются во времени, в лесотипологическом и географическом плане. Это зависит от структуры лесосечного фонда, соотношения объемов площадей зимней и летней работ, применяемых технологий лесозаготовки и др. Нередко образуется пестрая мозаика типов фрагментов, и объединение их в более или менее однородные совокупности на рассмотренной выше основе вполне приемлемо. Лесовозобновительный эффект здесь трудно предсказать.

Рассмотренная структура хозяйственных групп вырубок отражает ситуацию выборочно, лишь на примере части случайно взятых районов Архангельской области. Наши данные хорошо согласуются с описанными в литературе, в том числе со статистическими обзорами [1, 13], особенно по региону в целом.

Динамические ряды лесообразования, которыми открываются рассмотренные совокупности площадей (хозяйственные группы вырубок), в схематическом виде представлены на рисунке. Лесоводственная сущность изображенных генетико-динамических рядов – цепочек биогеоценозов – в данной статье не анализируется. В соответствии с существующими классификационными подходами [5, 8, 14] эти ряды представляют совершенно различные категории динамики лесных биогеоценозов, с которыми связаны характерные типы формирования насаждений.



Хозяйственные группы вырубок: 1 – луговая (вейниковая) вырубка; 2 – пустошь; 3 – молодняк; 4 – спелый древостой; 5 – условно коренное насаждение; штриховкой обозначена ель; точками – береза

I ряд – коротко восстановительный устойчивый. Образуются условно разновозрастные, а затем разновозрастные еловые или с небольшой примесью березы насаждения. К условно исходному состоянию экосистема придет через 120...125 лет.

II ряд – коротко восстановительный с временными колебаниями состава. Производные насаждения условно разновозрастные еловые с примесью березы. Экосистема возвращается в условно исходное состояние через 135...140 лет.

III ряд – коротко восстановительный неустойчивый, с прохождением фазы примеси березы в первые десятилетия. В состояние, близкое к исходному, насаждение войдет примерно через 155...160 лет после рубки.

IV ряд – восстановительный неустойчивый. Сообщество развивается через фазу неполночленного производного березового насаждения. Сменяющее его еловое с примесью березы насаждение условно одновозрастное. В близкое к исходному состояние эта экосистема может вернуться через 180...185 лет.

V ряд – длительно восстановительный неустойчивый. Поскольку сообщество проходит через фазу полночленного производного насаждения, этот тип динамики при другом подходе может рассматриваться как производный. Еловое насаждение, сменяющее березовый биогеоценоз, условно разновозрастное. Период возвращения экосистемы в условно исходное состояние около 200 лет.

VI ряд – производный устойчивый. Образуется полночленное березовое одновозрастное насаждение. В течение двух-трех поколений береза сохраняет позиции доминанта и эдификатора.

VII ряд – производный неустойчивый через прохождение фазы редины (неполночленного листовенно-елового низкосомкнутого насаждения). В течение двух поколений береза сохраняет роль эдификатора. В последующем возможно медленное возвращение в еловую формацию.

Каждый из кратко охарактеризованных рядов динамики производных насаждений отличается периодом времени возвращения экосистемы к условно исходному состоянию, структурой представляющих ряд древостоев и, следовательно, требует различных систем лесоводственных мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Анисочкин В.Г. Состояние лесовосстановления на вырубках в таежных лесах европейской части РСФСР по данным математико-статистической инвентаризации // Повышение эффективности лесного хозяйства и лесопользования: Науч. тр. МЛТИ. - М., 1988. - Вып. 199. - С. 45 - 49. [2]. Волков А.Д., Лазарев Н.А., Надуткин В.Д. Крупный подрост и тонкомер – резерв формирования новых насаждений // Лесн. хоз-во. - 1967. - № 6. - С. 33 - 38. [3]. Изменение лесорастительных условий вырубок при современных лесозаготовках / В. С. Серый, В. А. Анিকেва, Н. И. Вялых, Н. И. Кубрак // Экологические исследования в лесах Европейского Севера. - Архан-

гельск, 1991. С. 3 - 15. [4]. Козобродов А.С. Влияние многооперационной техники ВТМ ЛП-49 и ЛП-30Б на водно-физические свойства почвы в северной подзоне тайги // Исследование почв на Европейском Севере: Тез. докл. конф. - Архангельск, 1990. - С. 101 - 102. [5]. Колесников Б.П. Классификация форм динамики лесов и лесного покрова // Развитие лесного хозяйства Карпат. - Ужгород, 1968. - С. 7 - 10. [6]. Колесников Б.П. Генетический этап в лесной типологии и его задачи // Лесоведение. - 1974. - № 2. - С. 3 - 20. [7]. Лесоводственно-экологическая и экономическая оценка антропогенного воздействия на лесные биогеоценозы и их регулирование на Европейском Севере / В. А. Аникеева, Н. И. Вялых, Г. А. Чибисов и др. // Северные леса: состояние, динамика, антропогенное воздействие: Междунар. семинар в Архангельске в 1990 г. - М., 1990. - Ч. 4. - С. 49 - 61. [8]. Манько Ю.И. Классификация лесов в зависимости от их происхождения и влияния экзогенных факторов // Динамические процессы в лесах Дальнего Востока. - Владивосток, 1984. - С. 3 - 19. [9]. Махонин А.С., Смолоногов Е.П. Генетическая классификация лесов северного макросклона Восточного Танну-Ола (Тувинская АССР) // Восстановительная и возрастная динамика лесов на Урале и в Зауралье. - Свердловск, 1976. - С. 3 - 91. [10]. Мелехов И.С. Основы типологии вырубок // Основы типологии вырубок и ее значение в лесном хозяйстве. - Архангельск, 1959. - С. 3 - 19. [11]. Мелехов И.С. Динамическая типология леса // Лесн. хоз-во. - 1968. - № 2. - С. 15 - 20. [12]. Моисеев Н.А., Волосевич И.В., Дядицын Г.Н. Результаты рубок с сохранением хвойного подроста в лесах Севера // Лесн. хоз-во. - 1966. - № 5. - С. 6 - 10. [13]. Неменьший Е.И. Эффективность сохранения подроста на сплошных вырубках // Лесн. хоз-во. - 1984. - № 11. - С. 23 - 26. [14]. Смолоногов Е. П. Эколого-географическая дифференциация и динамика кедровых лесов Урала и Западно-Сибирской равнины. - Свердловск: УО АН СССР, 1990. - 288 с. [15]. Смолоногов Е.П., Шихов А.М. Восстановительно-возрастная динамика лесов Билимбаевского опытно-показательного лесхоза // Восстановительная и возрастная динамика темнохвойных лесов Среднего Урала. - Свердловск: УО АН СССР, 1981. - С. 4 - 47. [16]. Цветков В.Ф. Направления лесовосстановительных процессов на вырубках в сосняках Кольского полуострова // Тез. докл. к науч. сес. АИЛиЛХ за 1971 г. - Архангельск, АИЛиЛХ, 1972. - С. 5 - 8.

Поступила 26 февраля 1996 г.

УДК 630*221.01:630*237.2:630*231

В.А. АНАНЬЕВ, В.Н. ГАВРИЛОВ

Институт леса Карельского НЦ РАН

Ананьев Владимир Александрович родился в 1946 г., окончил в 1968 г. Петрозаводский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории лесоведения и лесоводства Института леса Карельского НЦ РАН. Имеет 34 печатные работы в области лесоводства, лесной таксации, гидролесомелиорации.



Гаврилов Виктор Николаевич родился в 1957 г., окончил в 1979 г. Петрозаводский государственный университет, младший научный сотрудник Института леса Карельского НЦ РАН. Имеет 10 печатных работ в области лесоводства, лесных культур, гидролесомелиорации.



ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЕ И ФОРМИРОВАНИЕ ХВОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПОСЛЕ СПЛОШНЫХ РУБОК НА ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ

Приведены результаты изучения лесовозобновления на осушенных землях после сплошных рубок. Уточнены нормативы подроста, подлежащего сохранению при разработке лесосек, установлены сроки выполнения рубок ухода за молодняками при формировании насаждений с преобладанием хвойных пород.

The results of study into reforestation on the reclaimed soils after clear cutting have been presented. The standards of young growth subject to conservation when developing cutting areas are specified, and the due dates on performing improvement cutting of young growth when forming stands with conifers as main species are fixed.

Исследования особенностей лесовозобновления на вырубках относятся в основном к суходольным типам леса [1, 2 и др.]. Лесопользование на осушенных землях связано с необходимостью учета качества и состояния подроста, сохранившегося после рубки, характера и особенностей последующего возобновления и их взаимосвязи с экологическими факторами (температурный, водный режим, снеготаяние, промерзание торфяных почв). В настоящее время лесоводственная наука не располагает данными об особенностях лесовозобновления после рубок на осушенных торфяных почвах.

Спелые и перестойные осушенные насаждения, произрастающие на торфяных почвах, отличаются разновозрастностью и низкой полнотой. Анализ лесоустроительных данных (возраст, состав, полнота) показал, что хвойные древостои полнотой 0,6 и менее занимают 73 % лесопокрытой осушенной площади. Под их пологом имеется достаточное количество жизнеспособного хвойного подроста и тонкомера, сохранение которых в процессе лесозаготовок обеспечило бы лесовозобновление и формирование насаждений с преобладанием хвойных пород на значительной площади вырубок.

Объектом наших исследований служили лесосеки, на которых до рубки произрастали спелые и перестойные насаждения долгомошного типа леса. Полнота древостоев 0,5...0,7, запас 130...150 м³/га, примесь лиственных пород 1-3 единицы состава. Осушение проведено в 1986-1987 гг. сетью открытых каналов с расстоянием между ними 110...120 м. Мощность торфяной залежи переходного типа по участкам варьирует от 1,5 до 2,0 м. Торф хорошо разложившийся (более 25 %), зольность 3,3...4,7 %.

Данные обследования концентрированных вырубок 6-летней давности показали, что общая густота возобновления составила 6,4...18,2, в том числе хвойных 5,1...6,5 тыс. шт./га (табл. 1). Успешность возобновления вырубок хвойными породами в значительной степени зависит от количества сохранившегося после рубки подроста. Молодняк предварительной генерации насчитывалось от 2,1 до 2,6, самосева хвойных пород - 0,6...0,9 тыс. шт./га. На обследуемых лесосеках нет обсеменителей. Их роль в какой-то мере выполняют стены леса, а в дальнейшем, по мере плодоношения, тонкомер. Количество тонкомерных (диаметр 6,1...14,0 см) деревьев, оставляемых на корню, варьирует в пределах 220...420 шт. на 1 га, запас 7...9 м³/га. Тонкомерные деревья и подрост, являясь основой будущего древостоя, притеняют почву и препятствуют интенсивному развитию травяного покрова, тем самым улучшая условия последующего возобновления хвойными породами.

Таблица 1

Вид возобновления	Порода	Густота подроста, шт. / га, на участках	
		1	2
Предварительное	Ель	1760	960
	Сосна	310	1640
Последующее	Ель	3490	270
	Сосна	900	2200
	Береза	11700	1330
	Итого хвойных	6460	5070
	Всего	18160	6400

Осушение способствовало появлению и развитию подроста. Его численность за 6 лет после рубки увеличилась за счет последующего возобновления хвойными и лиственными породами (береза в основном последующей генерации). Густота хвойных пород последующего возобновления варьирует от 2,5 до 4,4 тыс.шт./га в зависимости от расстояния до источников обсеменения (стен леса). Так, при расстоянии 200 м (участок 2) она почти вдвое меньше, чем при 100 м (участок 1). Подрост хвойных пород, как правило, разновозрастный: сосны – 4...38, ели – 4...29 лет. Распределение подроста по площади равномерное, средняя высота не превышает 0,5 м, т.е. он относится к категории мелкого.

Анализ показал, что на сплошных вырубках на торфяных почвах хвойный подрост в основном жизнеспособен. Прирост в высоту за последние три года у соснового подроста (высотой до 1,5 м) составил 69, у елового – 51 см. Отпад в виде сухостоя незначительный (2...5 %). Основной отпад происходит в первые 2-3 года после рубки. Процент нежизнеспособных экземпляров хвойного подроста по отдельным участкам варьирует от 3 до 5 %, а в пределах отдельных высотных групп может достигать 15 %.

Лесовозобновление на концентрированных вырубках 6-летней давности на осушенных торфяных почвах переходного типа при условии сохранения подроста можно оценить как удовлетворительное. В дальнейшем (через 10 лет после главной рубки), при условии ухода (удаление лиственных), обеспечивается формирование молодняков с преобладанием хвойных пород.

В пределах одного типа леса ход и характер лесовозобновления зависят от способа лесоразработок. Обследование вырубок 8–10-летней давности, разработанных по технологии без сохранения подроста и с последующим сбором порубочных остатков в валы, показало, что при такой технологии полностью уничтожается хвойный подрост и наблюдается обильное зарастание вырубок травянистой растительностью (вейник – 70 %, иван-чай и таволга – 20 %). Обилие травянистой растительности препятствует появлению и развитию всходов хвойных пород. Последующее возобновление идет исключительно за счет лиственных

пород, густота которых на обследуемых лесосеках составляет 10...40 тыс. шт./га. Во избежание смены хвойных на лиственные на вырубках необходимо оставлять обсеменители и подрост хвойных.

Для определения нормативов сохранения подроста и разработки лесохозяйственных мероприятий по формированию молодняков хвойных пород проведены исследования на вырубках после сплошных узколесосечных рубок 17–20-летней давности в спелых сосновых и сосново-березовых насаждениях осоково-сфагновых и травяно-сфагновых типов леса. Ширина лесосек принималась равной 50 м, длина от канавы до канавы 90...190 м.

В спелом сосновом насаждении Уа класса бонитета в осоково-сфагновом типе леса на торфяно-глеевой почве на глине в 1973 г. (год осушения) была проведена сплошная рубка с сохранением подроста густотой до 5,3 тыс. шт./га, в том числе хвойного 3,0 тыс. шт./га. Возраст соснового подроста 25 лет, средняя высота 1,9 м (табл. 2). Увеличение густоты сосны через 5 лет после сплошной рубки объясняется постепенным вхождением подроста в основную часть полога. В результате последующего возобновления в составе насаждений втрое увеличилась численность лиственных пород (березы), поэтому на участке был проведен первый прием рубок ухода (осветление). Дальнейшие наблюдения за ходом роста и формированием молодняков показали необходимость очередного приема рубок ухода, который был проведен через 10 лет после первого; при этом выбирали лиственные породы, а также отставшие в росте угнетенные и сухостойные деревья сосны.

Анализ показал, что молодняки, сформировавшиеся из подроста на вырубках осушенных земель, обладают повышенной энергией роста. Процент текущего прироста по площади сечения и запасу за последнее пятилетие составил соответственно 6,3 и 10,7 %. Текущий годичный прирост по запасу довольно высок – 5,3 м³/га, текущий класс бонитета – II. В результате ухода сформировался чистый сосняк с запасом 80 м³/га и полнотой 0,7. Дальнейшие мероприятия по уходу будут заключаться в регулировании густоты сосны.

В более богатых травяно-сфагновых типах леса, где под пологом спелого березового древостоя насчитывалось до 11,4 тыс. шт./га жизнеспособного подроста, в том числе хвойного 3,4 тыс. шт./га, после сплошных узколесосечных рубок с сохранением хвойного подроста, выполненных в 1977 г., формирование молодняков идет с преобладанием березы. Через 5 лет после сплошной рубки на данном участке было выполнено осветление. По результатам повторной таксации в 1993 г. выявлена необходимость очередного ухода, при проведении которого в 1994 г. почти полностью выбирали лиственные породы и разреживали сосновую часть древостоя. Выборка составила 15 м³/га, или 25 % от общего запаса древостоя. После рубок сформирован чистый сосняк. При втором приеме рубок кроме формирования состава особое

Таблица 2

Год исследования	Состав	Возраст, лет	Средние		Густота, шт./га	Полнота		Запас древостоя, м ³ /га		Класс бонитета		Текущий прирост, м ³
			H, м	D, см		абсолютная	относительная	растущего	сухого	общий	текущий	
Осоково-сфагновый тип леса												
1973	6С	25	1,9	-	3030	-	-	3,3	-	-	-	-
	4Б	-	2,1	-	2290	-	-	-	-	-	-	-
1993	9С	45	9,1	9,6	1940	13,6	0,72	72,9	0,2	IV	II	5,3
	1Б	25	8,0	7,5	440	1,7	-	7,5	-	-	-	-
	ед. Е	-	9,1	9,8	10	0,1	-	0,5	-	-	-	-
Травяно-сфагновый тип леса												
1977	2,2С	15	0,7	-	3430	-	-	-	-	-	-	-
	7,8Б	-	1,4	-	8010	-	-	-	-	-	-	-
1994	9,9С	35	5,4	7,4	2200	9,5	0,7	35	-	V	II	4,0
	0,1Е	-	-	-	200	-	-	-	-	-	-	-

внимание уделяли уходу за подростом ели. С учетом подростка ели высотой 0,5 м и густотой 2650 шт./га, который в результате интенсификации прироста по высоте и диаметру после разреживания (осветления) войдет в основную часть древостоя, на данном участке сформируется высокополнотное хвойное насаждение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Казимиров Н.И. Ельники Карелии. - Л.: Наука, 1971. - 138 с.
[2]. Синькевич М.П. К хозяйственной характеристике рубок главного пользования в Карельской АССР. - Л.: ЛенНИИЛХ, 1958. - 34 с.

Поступила 28 июня 1996 г.

УДК 630*23

А.И. БУЗЫКИН, Л.С. ПШЕНИЧНИКОВА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН



Бузыкин Алексей Иванович родился в 1935 г., окончил в 1958 г. Московский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией лесоводства Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, заслуженный лесовод России. Имеет 140 печатных работ по вопросам возобновления, формирования, структуры и продуктивности лесов, рубок ухода за лесом и рубок главного пользования.



Пшеничникова Лариса Семеновна родилась в 1946 г., окончила в 1968 г. Сибирский технологический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. Имеет 70 печатных работ в области исследования формирования лесов, густоты древесных ценозов, рубок ухода за лесом и повышения продуктивности внесением минеральных удобрений.

ВЛИЯНИЕ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН НА ВОЗОБНОВЛЕНИЕ В ПОДЗОНЕ ЮЖНОЙ ТАЙГИ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Показаны дифференциация вырубок по микроэкологическим условиям и почвенным субстратам в результате работы лесозаготовительной техники, возобновление, рост подроста и самосева.

Felled areas' differentiation according to micro-ecological conditions and bedrocks as a result of logging machinery's operation, regeneration, young growth and self-sown crops has been revealed.

Вырубки представляют собой сложную мозаику микро- и мезо-экосистем или микроэкологических условий с их почвенными субстратами. При этом относительно однородные типы леса могут быть представлены множеством микроэкологических условий среды либо почвенного субстрата [1, 7, 8]. Поэтому однозначная оценка лесозаготовительной техники – положительная или отрицательная – будет неполной и некорректной. Для практического пользования необходимо адекватное уточнение классификации почвенно-растительного покрова со следами нарушений, которые по возобновляемости и росту древесных растений в разных микроэкосистемах вырубок можно свести к трем типам условий: улучшенные, ухудшенные и ненарушенные. Эти типы и формирующиеся микроэкологические условия инвариантны для разных типов леса, однако соотношение их зависит от типа леса, сезона и технологии лесозаготовок, типов машин и др. Объективными прямыми критериями отнесения частей, участков и почвенных субстратов вырубок к тому или иному типу нарушений являются возобновляемость и темп роста древесных растений.

Процесс возобновления детерминирован экологическими условиями различных категорий напочвенного субстрата, от которых во многом зависит состав, структура, густота и продуктивность формирующихся насаждений. При одинаковых условиях обсеменения различия в возобновляемости на сходных субстратах в разных типах леса в несколько раз меньше, чем на разнокачественных субстратах в пределах одного типа леса. Это обусловлено как резким ухудшением условий возобновления на отдельных участках вырубок (места стоянки техники, колеи и серединные части магистральных волоков, погрузочные площадки), так и существенным улучшением локальных микроэкологических условий на тех участках вырубок, где поселяется обильный самосев хвойных с темпом роста в высоту, превышающим темп роста сохраненного подроста.

За 50-летний период сменилось четыре поколения техники для валочных и сборательно-транспортных работ. Сейчас, судя по уже

сформировавшимся древесным ценозам 20–50-летнего возраста на местах применения разной лесозаготовительной техники, они мало различаются между собой. Имеются данные о более высокой продуктивности древостоев, сформировавшихся после концентрированных рубок, по сравнению с исходными или не тронутыми рубкой древостоями, приведенными к одному возрасту. При этом могут наблюдаться задержки в формировании древостоев, потери в продуцировании древесины.

Благоприятный по водно-физическим условиям субстрат для прорастания семян и роста древесных растений представляют минерализованные неуплотненные участки вырубок. В Приангарье на вырубке из-под сосняка-брусничника после заготовки леса бензопилой и тракторами ТДТ-60, ТДТ-75 на пасечных волоках густота самосева в 2,5–3,0 раза больше, чем на неминерализованной части вырубок [5]. На вырубках из-под пихтачей в Кемеровской области с более влажными суглинистыми почвами густота самосева пихты и кедра на пасечных волоках и неизмененных участках вырубки составила соответственно 7,5...15,0 и 1,5...2,6 тыс. шт./га. При этом примесь березы была на 5...200 % больше, чем хвойных [4]. В сосняке-брусничнике Прибайкалья после рубки в течение первых двух лет на минерализованных участках вырубки появилось 93, на неминерализованных – лишь 7 % самосева [2]. Высокую всхожесть семян на минерализованных участках, в 3–5 раз большую, чем на неминерализованных, отмечали А.В. Побединский [6] и др.

Обобщенная оценка последствий работы агрегатной техники свидетельствует о том, что при валке и трелевке деревьев машинами ВМ-4, ЛП-49 и ЛП-18А по технологиям, предусматривающим наиболее высокий лесозаготовительный эффект, сохраняется 10...20 % подроста от его численности под пологом леса как в зимних, так и в летних условиях. Такая же сохранность наблюдается после валки деревьев бензопилой и трелевки за комли тракторами ТТ-4 и ЛП-18А [3]. Если столь незначительная сохранность при использовании ВМ-4 и ЛП-49 обусловлена техническими особенностями этих машин, то при трелевке тракторами ТТ-4 и ЛП-18А – нерациональностью технологии. Разработка лесосек машинами ЛП-18А и ЛП-19 по технологиям с сохранением подроста позволяет надежно сберечь до 50 % его количества. Оставление источников семян в сочетании с сохраненным подростом гарантирует естественное лесовосстановление на вырубках в короткий срок. При этом на вырубках типов леса с достаточно богатыми и влажными почвами необходимо планировать рубки ухода для формирования хвойных древостоев и предотвращения смены пород.

Из-за уничтожения подроста агрегатными машинами на вырубках светлохвойных древостоев доминирует мелкий подрост и послерубочное молодое поколение леса (самосев), чему способствует значительная минерализация поверхности почвы (см. таблицу). Период возобновления на вырубках сосновых древостоев короткий. Обычно максимальное количество хвойных накапливается уже на 3-й год (рис. 1).

Древостои	Густота подроста и самосева, тыс. шт./га	Распределение, %, подроста и самосева хвойных под пологом (числитель) и на вырубках (знаменатель) по высотным группам, м				
		< 0,1	0,1...0,5	0,5...1,5	1,5...3,0	> 3,0
Сосновые	35,6	21,1	49,0	22,3	5,6	2,0
	14,7	52,8	39,0	7,0	1,0	0,2
Сосново-лиственничные	18,5	17,2	34,1	36,8	8,5	3,4
	8,6	21,6	48,8	22,1	5,5	2,0
Смешанные темнохвойные	10,5	15,0	34,5	34,5	10,6	5,4
	1,5	14,5	35,8	34,9	12,2	2,6

На вырубках сосново-лиственничных древостоев период возобновления хвойных более растянут. В течение 12-летнего периода происходит постепенное заселение вырубок сосной со значительным участием лиственницы. К ним примешиваются темнохвойные породы, особенно ель, но густота подроста каждой породы не превышает 1 тыс. шт./га. На сосновых и сосново-лиственничных вырубках постоянно примесь березы (до 1-2 тыс. шт./га).

На вырубках темнохвойных лесов наблюдается интенсивное возобновление лиственных пород (до 15 тыс. шт./га), при этом особенно обильна осина. Хвойные породы представлены пихтой, елью и незначительно кедром, участие сосны и лиственницы зависит от наличия источников семян. Самосев появляется медленно и неравномерно по площади. Его густота в первые 2-3 года составляет обычно 0,1...1,5 тыс. шт./га с последующим увеличением на 6-8-летних вырубках до 3...4 тыс. шт./га.

По усредненным данным учета, молодое поколение под пологом материнских древостоев и на вырубках имеет следующий состав: в сосновых древостоях (10С) под пологом 58С15Е13П7Б6Лц1К, на вырубке 86С8Лц5Ос1Б; в сосново-лиственничных (2-7С2-6Лц1-2П1-2Е) соответственно 93С4Лц2Б1К и 70С14Лц8Б4Е4Ос; в смешанных темнохвойных (1-7П1-5Е1-3Лц1-2С1К1-2Б1-2Ос) – 47П34Е7К5С3Ос2Лц2Б и 57Ос14Б12П7Е4С3Лц3К.

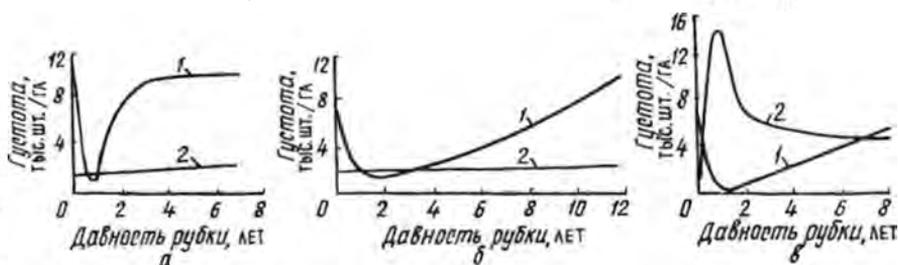


Рис. 1. Густота подроста и самосева под пологом и на вырубках сосновых (а), сосново-лиственничных (б) и смешанных темнохвойных (в) древостоев: 1 – хвойные; 2 – лиственные породы; значение 0 соответствует густоте под пологом древостоя

Тотальное сохранение подроста во всех условиях принято считать показателем высокого качества лесосечных работ и основой успешного лесовосстановления. Однако не из всякого подроста после рубки материнского поколения могут сформироваться высокопродуктивные древостои. Высоковозрастный и угнетенный мелкий подрост из-под полога сосняков и лиственничников не имеет серьезных перспектив, так как в условиях конкуренции еще в материнском древостое он сориентировался на миниатюризацию роста, потерю ортотропности побега. Быстрорастущий подрост очень рано исчерпывает свой ростовой потенциал еще под пологом и элиминируется. В условиях вырубок только самосев с генетической программой быстрого роста имеет реальные шансы на формирование древесного ценоза.

На нетронутых участках почв вырубки, несмотря на их более высокую биологическую активность и плодородие по сравнению с минерализованными участками, рост и развитие самосева замедлены вследствие отрицательного аллелопатического и в целом ценотического влияния травяного покрова.

На минерализованных участках и пасечных волоках в сосняке бруснично-зеленомошном накопление биомассы самосевом происходит в несколько раз интенсивнее, чем на неминерализованной поверхности вырубки. Разница в пользу минерализованного участка у 4-летнего самосева сосны по массе стволиков составляет 250, корней – 115, хвои – 280 %.

На магистральных волоках с уплотненными почвами самосев появляется со значительной задержкой – через 5...8 лет после рубки и разуплотнения почвы и имеет замедленный рост. Показатели массы и размеров надземной и подземной частей самосева, выросшего на магистральном волоке, значительно ниже, чем у появившегося на неминерализованной вырубке и пасечном волоке: по массе надземной части – соответственно в 1,6 и 2,8 раза, корней – в 1,5 и 2,0 раза, по приросту в высоту – на 36 и 112 %. Наибольшая биомасса надземной и подземной частей у самосева отмечается на пасечном волоке. В улучшенных микроэкологических условиях вырубок самосев не только поселяется обильнее, но и растет интенсивнее, чем подрост и самосев на ненарушенных и ухудшенных участках вырубок (рис. 2).

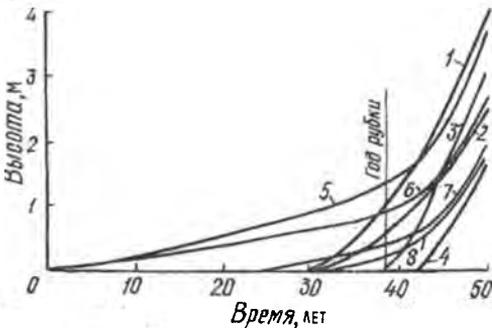


Рис. 2. Ход роста в высоту сосны на вырубках сосняка зеленомошного: 1 – самосев на пасечных волоках; 2 – на неминерализованных участках 20-летней вырубки; 3 – на пасечных волоках 12-летней вырубки; 4 – на 8-летней вырубке; 5 – сохраненный подрост; 6 – сохраненный 50-летний подрост; 7 – 25-летний; 8 – 20-летний

В результате лесосечных работ на разных частях вырубок формируются не только ухудшенные, но и улучшенные микроэкологические условия для поселения и роста самосева хвойных. Объективным показателем дифференциации вырубок является отклик древесных растений на эти условия. Улучшение лесорастительных условий на вырубках – это скарификация или минерализация поверхности почвы, перемешивание ее минеральной и органической частей, ослабление конкуренции со стороны древесного и травяного ярусов и др.; экосистема реагирует на них появлением обильного самосева. Негативные нарушения почвенно-растительного покрова вырубок (загрязненные места стоянок техники, чрезмерно уплотненные участки волоков и др.) препятствуют возобновлению хвойных до тех пор, пока естественным путем или мерами содействия возобновлению не восстановятся нормальные микроэкологические условия. Время естественной релаксации таких условий превышает 5...10 лет.

На улучшенных участках вырубок наблюдается не только эффективное возобновление, но и быстрый рост в высоту самосева, образовавшегося после рубки, превосходящий рост сохраненного, особенно высоковозрастного и угнетенного подроста. Формирующиеся в результате последующего возобновления хвойные и смешанные молодняки во многих случаях оказываются продуктивнее молодняков из сохраненного угнетенного подроста. Однако это не означает отказа от сохранения жизнеспособного молодого подроста, который после рубки может представлять собой основу нового поколения древостоя в целом, либо основу господствующей или наиболее перспективной его части.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бузыкин А.И. Сосновые леса и лесовосстановительные процессы бассейна рек Баргузин и Турка: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. - Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1965. - 19 с. [2]. Бузыкин А.И. Изучение естественного формирования молодняков // Формирование молодняков хвойных пород. - Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1982. - С. 5 - 24. [3]. Исаев А.И. Лесоводственная оценка лесосечных работ при механизированных способах производства сплошных рубок в Красноярском крае: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. - Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1981. - 24 с. [4]. Петров Н.Ф. Лесоводственная оценка лесосечных работ в лесах Сибири: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. - Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1967. - 231 с. [5]. Петров Н.Ф. Изменение биологической активности лесных почв после механизированных лесозаготовок // Возобновление и формирование лесов Сибири. - Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1969. - С. 17 - 65. [6]. Побединский А.В. Сосновые леса Сибири и Забайкалья. - М.: Наука, 1965. - 268 с. [7]. Санников С.Н. Экологические особенности главнейших типов микросреды естественного возобновления сосны на сплошных вырубках // Физиология и экология древесных растений: Тр. Ин-та биол. УФ АН СССР. - Свердловск, 1965. - Вып. 43. - С. 231 - 242. [8]. Санников С.Н. Экология и география естественного возобновления сосны обыкновенной. - М.: Наука, 1992. - 262 с.

Поступила 8 июля 1996 г.

УДК 630* 187

В. И. ОБЫДЕННИКОВ

Московский государственный университет леса



Обыденников Виктор Иванович родился в 1939 г., окончил в 1964 г. Приморский сельскохозяйственный институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесоводства и подсочки леса Московского государственного университета леса. Имеет около 100 печатных работ в области экологии и типологии леса и вырубок, возобновления и формирования леса в связи с рубками, лесоводственно-экологической оценки рубок и применяемых лесозаготовительных машин.

ЛЕСОВОДСТВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ СИСТЕМ РУБОК ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ И ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН

Рассмотрены методы изучения и оценки последствий рубок главного пользования и применяемой лесозаготовительной техники на разных уровнях на основе лесной биогеоценологии и динамической типологии леса.

The methods of study and evaluation of consequences of main cutting and logging machinery employed at different levels on the basis of forest biogeocenology and dynamic forest typology have been considered.

Рубки главного пользования в основном предназначены для получения древесины, возобновления леса и решения экологических задач (водоохранные, почвозащитные и др.). Значение возобновления леса и экологических задач постоянно возрастает в связи с усиливающимся антропогенным воздействием на лес. Главные рубки (особенно сплошные) существенно влияют на возобновление леса и экологическую обстановку. Негативные экологические последствия рубок в последнее время усиливаются в связи с расширением использования агрегатной техники на лесозаготовках. Для устранения (или сведения к минимуму) негативных последствий рубок и применяемой лесозаготовительной техники необходима их объективная экологическая экспертиза. Несмотря на обширные научные сведения, связанные с влиянием рубок и лесозаготовительной техники на лесорастительные условия, возобновление леса, водоохранные, почвозащитные и другие функции леса, до

сих пор не разработана система количественных лесоводственно-экологических критериев формализации реальных изменений лесных экосистем и их оценки. Поэтому назрела острая необходимость в разработке методического подхода к изучению и оценке последствий рубок главного пользования и применяемой техники, который предусматривал бы учет изменений комплекса природных факторов с привлечением системы количественных критериев.

Одной из непростых задач оценки рубок (и техники) является формализация реальных изменений лесных экосистем на разных уровнях (в пространстве и во времени). Сложность выявления и описания этих изменений состоит в том, что при изучении влияния рубок на экологическую ситуацию, возобновление и формирование леса мы имеем дело, во-первых, с открытыми природными системами, о поведении которых часто имеется лишь вероятностная информация, во-вторых, с неоднозначным воздействием на них рубок (в том числе и лесозаготовительных машин). Кроме того, во многих случаях нет полных данных о структурных и параметрических трансформациях экосистем.

Динамику лесных экосистем в связи с рубкой можно установить с большей определенностью и удовлетворительным образом формализовать лишь в рамках системного подхода на основе теоретических положений лесной биогеоценологии [12, 13] и динамической типологии леса (и ее составной части – типологии вырубков) [6, 7]. Для описания такой сложной природной системы, как лесная (на разных уровнях), на наш взгляд, следует использовать более абстрактные структуризованные модели, позволяющие рассматривать систему в целом, но на менее детализированном уровне. А в дальнейшем добиваются определенной предсказуемости (в зависимости от полноты информации) разделением множеств на ряд подмножеств [8].

Отправной точкой для дальнейшего более детального изучения и описания динамики лесной экосистемы (на разных уровнях) служит определение ее в виде

$$S \subset (C, X) Y, \quad (1)$$

- где S – лесная экосистема (с момента рубки до стадии спелого леса);
 C_t – лесная экосистема до рубки;
 X – воздействие главной рубки на лесную экосистему, т. е. вход системы;
 Y – лесная экосистема после рубки (на определенных этапах ее формирования или в стадии спелого леса), т. е. выход системы.

Вследствие такого уровня абстракции исследуются и так называемые параметрические и структурные неопределенности.

На уровне биогеоценоза, наряду с отмеченной моделью (1), важное значение для обстоятельного изучения динамики лесной экосистемы имеет принципиальная схема динамики типов леса (в связи с антропогенным воздействием), предложенная акад. И.С. Мелеховым [6]. Более

эффективному описанию изменений лесных экосистем (на этом уровне) в качественном отношении способствует и современный уровень знаний типа леса (и типа вырубки) как типа биогеоценоза [5, 13]. В модели (1) применительно к лесной экосистеме на уровне биогеоценоза S означает лесной биогеоценоз (или его тип) с момента рубки до стадии спелого леса, S_0 – исходный тип леса до рубки, X – воздействие рубки на лесной биогеоценоз, Y – лесной биогеоценоз после рубки на отдельных этапах его формирования или этапе сформировавшегося типа.

Разложением воздействия рубок на лесной биогеоценоз (входа системы – X) на две составляющие (P – входное регулируемое, H – входное нерегулируемое воздействие) достигается большая определенность выхода экосистемы (Y). Применительно к сплошным рубкам P обозначает влияние техники на компоненты биогеоценоза, а H – воздействие внешней среды, измененной в связи с удалением древостоя. При постепенных и выборочных рубках наблюдается еще одно регулируемое воздействие, которое связано прежде всего с изменением интенсивности солнечной радиации в процессе удаления части древостоя (т. е. после каждого приема рубки). В результате последнего приема постепенных рубок влияние солнечной радиации переходит в разряд нерегулируемого воздействия. Такое разложение воздействия дает возможность выявить, в какой мере те или иные его виды и степени влияют на изменение качественного состояния экосистемы (этапы формирования типа леса, в том числе и типа вырубки). Динамика лесного биогеоценоза нами обстоятельно изучена на этапе возобновления леса. Например, установлено, что в условиях ельника-черничника свежего (зона смешанных лесов Русской равнины – по С.Ф. Курняеву [4]) после сплошных рубок (с применением комплекта машин ЛП-19 и ТБ-1, работающих по разным технологиям) на участках с неодинаковым повреждением почвы образовались разные типы вырубков [9]. На участках с почвой, минерализованной до 30...40, 40...70 и более 70 %, сформировались соответственно разнотравно-ситниковый, ситниково-вейниковый и вейниковый типы вырубков. На формирование типа вырубки и возобновление леса, кроме минерализации почвы, существенно влияют плотность ее верхней части и сохранность подроста. С увеличением плотности почвы (в условиях ельника-черничника свежего), связанным с работой техники, возрастает период существования ситникового типа вырубки (или его фрагментов). На сильно уплотненной почве (1,3 г/см³ и более в 10-сантиметровом верхнем слое) на месте ельника-черничника влажного формируется ситниково-щучковый тип вырубки, крайне неблагоприятный для возобновления ели [10]. В горных условиях на динамику лесных экосистем, наряду с отмеченными техногенными факторами, значительное влияние оказывает водная эрозия почв.

Динамика лесных биогеоценозов после рубок определяется характером трансформаций растительности на уровне парцелл (фрагментов биогеоценоза). На этапе, предшествующем образованию леса, формирование того или иного типа вырубки (в период одного

исходного типа леса) зависит от соотношения размеров (и пространственного размещения) фрагментов вырубки разного качественного состояния: с неодинаковым повреждением почвы, наличием подроста и подлеска или при отсутствии их на неповрежденной поверхности почвы и т. д. [9].

Самым важным и динамичным этапом в формировании лесных биогеоценозов (и их типов) после рубки является вырубка. Разнообразие связей между типами вырубок и исходными типами леса определяется устойчивостью (или стабильностью) лесных биогеоценозов, которая зависит от обилия видового состава растительности и богатств почв. Чем продуктивнее и богаче лесной биогеоценоз и, следовательно, прочнее и многообразнее его связи, тем шире диапазон качественных изменений экосистемы в связи с рубкой. С повышением продуктивности (класса бонитета) леса увеличивается число типов вырубок на месте одного и того же типа леса [7]. Поэтому при прогнозировании образования типов вырубок наряду со сведениями о начальном (дорубочном) состоянии леса (C_t) и характере воздействия техногенных факторов (P) в пределах определенного региона (H) необходимо использовать теоретические положения марковских случайных процессов [1].

После выявления качественного изменения состояния лесного биогеоценоза (или его типа) для каждого из них определяют выходную величину с помощью производящей функции (φ_{it}), известной в теории систем как вспомогательная [8]. Применительно к рассматриваемой проблеме ее можно выразить формулой

$$\varphi_{it} : C_t \bar{X}_{it} \rightarrow Y_{it}, \quad (2)$$

- где C_t – начальное состояние биогеоценоза (до рубки);
 \bar{X}_{it} – влияние рубки (в том числе техники);
 Y_{it} – выходные параметры древостоя (численность и состояние подроста на этапе возобновления леса);
 t – время рубки;
 t' – время завершения каждого этапа формирования леса (или его типа).

При такой формализации модель лесной экосистемы сужается до описания древесной растительности в пределах каждого качественного состояния (типа леса и вырубок), являющейся экологическим доминантом и эдификатором леса. Возобновление леса в широком биогеоценозическом смысле рассматривается как возобновление лесного сообщества, в практике же – по древесной растительности [6]. В экологии в качестве переменных в моделях используют численность популяции [11, 14]. Поэтому на этапе возобновления леса в качестве исходной величины нами принята густота подроста. Остальные его параметры (жизнеспособность, встречаемость и т. д.) отнесены к разряду ограничений. На последующих этапах формирования леса используют также и другие показатели древостоя (класс бонитета, запас на 1 га и т. д.).

Результаты длительных стационарных исследований [8, 9] позволили обогатить основными связями принципиальную схему формирования типов леса И.С. Мелехова [6] и предложенную модель (1) (на биогеоценозном уровне в пределах этапа возобновления). Качественное состояние экосистемы по типу обратных связей направлено на ее оптимизацию. Положительная обратная связь, основную роль которой играет живой напочвенный покров как один из важнейших эдификаторов типов вырубок, уводит лесную экосистему все дальше от исходного положения (состояния леса до рубки). Отрицательная обратная связь, функции которой выполняет древесная растительность, способствует приближению к исходному положению или восстановлению начального состояния (исходного типа леса). При отсутствии лесовозобновительного процесса в типе вырубки существует только положительная обратная связь, при наличии – имеется и положительная, и отрицательная обратные связи. Подрост предварительного и последующего возобновления, количество которого достаточно для своевременного восстановления леса на вырубках, выполняет в основном функции отрицательной обратной связи. Нерегулируемое воздействие (H), обусловленное географической средой, неодинаково влияет на упомянутые связи. Так, на вырубках лесовейникового типа в условиях европейской части России и Урала очевидна роль вейника тростниковидного (лесного) как эдификатора лесорастительных условий, выполняющего функции положительной обратной связи; в сосновых лесах таежной зоны Сибири она существенно снижается. Это связано с суровыми (континентальными) климатическими условиями Сибири, которые сдерживают развитие вейника, в связи с чем не происходит значительного задернения почвы.

Лесоводственно-экологическая оценка последствий рубок и влияния лесозаготовительных машин (на биогеоценозном уровне) в пределах определенного региона осуществляется сравнением с древесной, биологической, экологической и комплексной продуктивностью эталонных лесов. Возможности использования количественных показателей, выражающих продуктивность леса, обстоятельно рассмотрены в многочисленных работах акад. И.С. Мелехова [5, 7 и др.], предложившего понятие «экологическая продуктивность леса». Наиболее сложно выразить в количественных показателях экологическую продуктивность леса, которая определяется оценкой его средообразующей роли, защитных свойств, возможностей техногенных, рекреационных и других нагрузок [7]. Для оценки изменений экологической продуктивности леса в связи с рубкой целесообразно использовать наиболее значимые результаты исследований, отражающие связи морфологических признаков леса (в том числе и его элементов) с эколого-защитными или средообразующими его свойствами. По этим признакам устанавливают их экологическую значимость. В частности, представляет научный и практический интерес классификация лесных площадей и насаждений по их гидрологической роли (оцениваемой по пятибалльной системе), разработанная Н.А. Воронковым [2].

При изучении и оценке экологических последствий применяемых систем рубок главного пользования и лесозаготовительных машин на других уровнях (водосбор, лесной массив, регион и т.д.), наряду со сведениями о трансформациях лесных экосистем на уровне биогеоценоза, следует использовать показатели, выражающие лесистость местности, размеры площадей и характер распределения по территории типов леса (вырубок), способов рубок и т.д. Особенно важно учитывать схемы формирования растительности (в том числе и типов вырубок) в связи с исходными типами леса. Формализация изменений лесных экосистем на отмеченных уровнях представляет наибольшую сложность. Из имеющихся конкретных моделей может быть успешно использована система трехуровневых уравнений М.Д. Корзухина и Ф.Н. Семевского [3]. Для успешного прогнозирования изменений лесных экосистем (на разных уровнях) и принятия необходимых решений, направленных на предотвращение негативных последствий рубок (или сведение их к минимуму), а также на использование их положительного влияния, целесообразно создавать систему региональных лесных мониторингов.

Рубки главного пользования, оказывая непосредственное воздействие на лесные экосистемы, косвенно (через трансформирующиеся лесные насаждения) влияют на прилегающие нелесные экосистемы (луговые, болотные и др.) и в целом на окружающую среду. В процессе исследований изменений средообразующей роли леса после рубки важно учитывать взаимовлияние лесных площадей, затронутых рубками, и прилегающих к ним экосистем с лесной и иной растительностью. Лесные экосистемы, затронутые главной рубкой, по существу являются элементами экосистемы на региональном (зональном и др.) уровне, охватывающей и еще не подвергшиеся рубкам лесные и нелесные экосистемы. Поэтому назрела необходимость в создании региональных (наряду с лесными) межотраслевых мониторингов для проведения исследований. Системный подход к таким исследованиям позволит объединить усилия ученых разного профиля для решения важных экологических задач, направленных на сохранение и улучшение окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. - М.: Наука, 1988. - 208 с. [2]. Воронков Н.А. Роль лесов в охране вод. - Л.: Гидрометеиздат, 1988. - 286 с. [3]. Корзухин М.Д., Семевский Ф.Н. Синэкология леса. - СПб., 1992. - 192 с. [4]. Курнаев С.Ф. Лесорастительное районирование СССР. - М.: Наука, 1973. - 204 с. [5]. Мелехов И.С. Значение и использование леса как составной части окружающей среды. - М.: МЛТИ, 1977. - 42 с. [6]. Мелехов И.С. Лесоведение. - М.: Лесн. пром-сть, 1980. - 407 с. [7]. Мелехов И.С. Лесоводство. - М.: Агропромиздат, 1989. - 302 с. [8]. Месарович М., Такахага Я. Общая теория систем: математические основы / Пер. с англ. Э.Л. Наппельбаума. Под ред. С.В. Емельянова. - М.: Мир, 1978. - 312 с. [9]. Обыденников В.И. Образование типов вырубок и начальных этапов формирования леса в связи с применением агрегатной тех-

ники // Динамическая типология леса. - М.: Агропромиздат, 1989. - С.116 - 128. [10]. Обыденников В.И., Тибуков А.В. Смена растительного покрова в ельниках после сплошных рубок агрегатной техникой // Лесоведение. - 1996. - № 2. - С.3 - 12. [11]. Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С. Математическая биофизика. - М.: Наука, 1984. - 304 с. [12]. Сукачев В.Н. Лесная биогеоценология и ее лесохозяйственная деятельность. - М.: МЛТИ, 1958. - 15 с. [13]. Сукачев В.Н. Избранные труды. Т. 1. - Л.: Наука, 1972. - 420 с. [14]. Уатт К. Экология и управление природными ресурсами. Количественный подход / Пер. с англ. А.И. Козленкова. Под ред. А.П. Наумова. - М.: Мир, 1971. - 463 с.

Поступила 18 июля 1996 г.

УДК 631.5: 630* 232.32: 674.032.475.8

В.П. БОТЕНКОВ, Р.И. ЛОСКУТОВ

**ВНИИПОМлесхоз
Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН**



Ботенков Василий Павлович родился в 1938 г., окончил в 1962 г. Брянский технологический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией лесовосстановления НИИ противопожарной охраны лесов и механизации лесного хозяйства. Имеет более 70 печатных работ в области лесоведения, лесоводства и лесных культур.



Лоскутов Реджинальд Иванович родился в 1932 г., окончил в 1955 г. Сибирский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. Имеет более 40 печатных работ в области лесоводства, интродукции и лесных культур.

АГРОТЕХНИКА ВЫРАЩИВАНИЯ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА КЕДРА СИБИРСКОГО

По результатам экспериментальных работ уточнены биологические и посевные особенности кедра сибирского, способы подготовки к посеву, глубина заделки семян и нормы высева в зависимости от условий выращивания, а также агротехника в целом.

By the results of the experimental works, the biological and seeding features of Siberian stone pine, the methods of preparation for sowing, the depth and the quantity of seeding depending on the growth conditions as well as agricultural technology as a whole have been more precisely defined.

В пределах ареала кедр сибирский занимает площадь около 36 млн га. В настоящее время кедровые насаждения сильно деформированы лесными пожарами, интенсивными рубками до 1990 г. (с этого времени рубки главного пользования в кедровниках запрещены) и инвазиями насекомых (особенно сибирского шелкопряда), что вызвало сокращение покрытых лесом площадей этой древесной породы. Негативные антропогенные и природные факторы привели к тому, что накопился огромный фонд для воспроизводства кедра в Сибири, который составляет более 5 млн га [1].

Восстановить полноценные кедровники во всех лесорастительных условиях ареала можно только на основе использования разнообразного посадочного материала (сеянцы, саженцы, укрупненные сеянцы).

В настоящее время в лесных питомниках Восточной Сибири в качестве посадочного материала хвойных пород выращивают в основном сеянцы сосны, ели, лиственницы и кедра сибирского. Из общего среднего количества посадочного материала 217, 4 млн шт. саженцы сосны, ели и лиственницы составляют 13,1 млн шт. Саженцы кедра не выращивают, а сеянцы не всегда отвечают лесотехническим требованиям [2]. Такое положение складывается прежде всего из-за отсутствия приемлемой агротехники.

Агротехника выращивания посадочного материала включает прежде всего оптимальную норму высева семян, глубину заделки, соотношение этих показателей, схему и сроки посева, защиту от грызунов и птиц, другие слагаемые.

Исследования показателей агротехники проведены в Ермаковском и Танзыбейском лесхозах Красноярского края, соответственно в светлохвойном и темнохвойном поясах семенами одной партии (I класса всхожести), прошедшими стратификацию под снегом в течение 4 мес во влажном песке и при одинаковой норме высева (500 шт./м²). Семена заделывали на глубину от 2 до 10 см.

В обоих питомниках посев с заделкой семян на глубину 2 см дал неудовлетворительные результаты. К концу третьего года выращивания количество выживших сеянцев в этом варианте в питомнике светлохвойного пояса было в 2–6 раз, темнохвойного – в 1,1–1,5 раза меньше, чем в лучших вариантах. Еще менее удовлетворительны результаты при глубине заделки 9–10 см: сеянцев 3-летнего возраста в этом варианте оказалось в 4–10 раз меньше, чем при средней глубине заделки.

В питомнике светлохвойного пояса, т. е. в более сухих условиях, оптимальной в отношении как выхода посадочного материала, так и его качества оказалась глубина заделки 6–7 см. Количество 3-леток было примерно в 1,5 раза больше, чем при заделке на глубину 3–4 см. В питомнике темнохвойного пояса количество и качество сеянцев при глубине заделки 3–4 и 6–7 см очень близки, но по совокупности показателей предпочтение следует отдавать первому варианту.

В последовавших затем экспериментах в целом повторились результаты весеннего посева. При осенних посевах оптимальной оказалась глубина заделки несколько большая, чем при весенних: в питомнике светлохвойного пояса 7–8 см, темнохвойного – 5–6 см. На отдельных участках с почвой более тяжелого механического состава лучшие результаты были получены при несколько меньшей глубине заделки семян: в питомнике светлохвойного пояса 5–6 см, темнохвойного – 3–4 см.

Таким образом, оптимальная глубина заделки семян кедра в зависимости от ряда условий может колебаться от 3 до 7 см. Во влажных условиях на более тяжелых почвах она меньше, чем на облегченных; при узкострочном посеве меньше, чем при широкострочном.

Если не принимать во внимание крайние почвенные и климатические условия, в которых закладка кедровых питомников нежелательна, то для большинства случаев оптимальна глубина заделки семян 4–5 см.

Исследования оптимальной нормы высева семян проведены при узкострочном способе посева, семенами одной партии, траншейного способа подготовки. Нормы рассчитывали не по массе, которая сильно колеблется (в нашем случае средняя масса 1000 семян составляет 270...280 г), а по количеству жизнеспособных семян при их полной подготовке к прорастанию (траншейной или осеннем посеве).

Выявлена тесная прямая связь нормы высева с оптимальной глубиной заделки семян. В питомнике светлохвойного пояса при весеннем узкострочном посеве нормам высева 500, 750 и 1000 шт./м² соответствует оптимальная глубина заделки семян 3–4, 4–5 и 5–7 см; в питомнике темнохвойного пояса – 3, 3–4 и 4–5 см.

При 2-летнем сроке выращивания сеянцев оптимальной для обоих питомников оказалась норма высева 750 шт./м². Повышение ее до 1000 шт./м² ведет к снижению весовых показателей на 10...30 %, в то время как относительные количественные показатели почти не меняются. Уменьшение нормы высева семян до 500 шт./м², напротив, вызывает снижение выхода сеянцев на 20...40 %, в то время как повышение качества еще не слишком велико (10...20 % по массе).

При 3–4-летнем сроке выращивания сеянцев для обоих питомников оптимальна норма высева 500 шт./м². В этом варианте высокие показатели качества сеянцев вполне компенсируют некоторое снижение выхода посадочного материала.

Сопоставление сроков опытных посевов в питомниках показывает, что при осеннем посеве всхожесть обычно на 5...15 % выше, чем при весеннем с длительной подготовкой семян под снегом. Однако осенние посевы семян кедра не получили распространения из-за уничтожения их грызунами.

Большинство рекомендованных способов подготовки семян кедра к посеву обеспечивали всхожесть не всех доброкачественных семян, а лишь их части. Массовые всходы получались только при повышенной норме высева. Часть семян всходила лишь через год. К тому же все используемые способы отличаются значительной трудоемкостью, а в отдельных случаях и сложностью. Лучшие результаты дает траншейная подготовка с ранневесенним посевом семян в питомнике.

При выборе места под питомник решающее значение имеют климатические условия. Кедр не требователен к почве, но очень чувствителен к влажности климата. С учетом этого питомники кедра следует закладывать в районах, где необходимо его искусственное восстановление: северная часть Западного Саяна, западная часть Восточного Саяна, юго-западный и северо-восточный Алтай, Кузнецкий Алатау, Салаир, Горная Шория, исключительно в пределах высотных поясов сплошного распространения темнохвойных лесов и, как правило, отдельно от питомников по выращиванию сосны и лиственницы. В более сухих условиях срок выращивания посадочного материала кедра удлиняется, посевы нуждаются в поливах, страдают от опала корневой шейки и не гарантированы от гибели в засушливые годы.

В полном соответствии с биологическими особенностями кедра и климатическими условиями находятся показатели сеянцев, выращенных в питомниках светлохвойного и темнохвойного поясов. В обоих случаях использовали семена одинакового качества, равные нормы высева, оптимальную глубину заделки. В допустимых пределах была сходной и агротехника выращивания, с той лишь разницей, что в питомнике светлохвойного пояса приходилось прибегать к поливам и отенению.

В выходе сеянцев значительных различий не отмечено. При узкострочных посевах всхожесть была выше на 5...10 % в питомнике темнохвойного пояса, а при широкострочных – на 5...10 % в питомнике светлохвойного пояса. В данном случае подтвердилось положение о предпочтительности широкострочного посева в худших условиях произрастания.

По качеству сеянцев бесспорны преимущества темнохвойного пояса. В первые год-два при соответствующих климатических условиях различия могут быть небольшими. Однако уже к 3-летнему возрасту масса сеянцев, выращенных в темнохвойном поясе, в среднем в 1,5 раза,

а к 4-летнему в 2 раза больше, чем в светлохвойном; разница в массе сеянцев достигала 60...65 %.

Таким образом, несмотря на существенные затраты труда по выращиванию сеянцев (поливы, отенение), в питомнике светлохвойного пояса получены худшие результаты, а срок выращивания значительно больший. Тем более трудно рассчитывать на хорошие результаты в лесостепной зоне Сибири, климат которой еще менее соответствует биологическим особенностям кедра.

При антициклональном типе погоды снижается температура на поверхности мульчированной почвы (обычно на 4...6 °С, в отдельные часы на 13...14 °С) и на глубине до 25...30 см, повышается содержание влаги в этом слое. В условиях недостаточно влажного теплого климата отмеченные изменения благоприятны для кедра. Однако в питомниках темнохвойного пояса, т. е. во влажных и прохладных условиях, мульчирование опилками в большинстве случаев применять не следует, так как оно может привести к снижению грунтовой всхожести семян и ухудшению качества сеянцев.

Результаты изучения влияния светового режима показали, что отенение посевов (щитами и другими средствами) при выращивании кедра в питомниках темнохвойного пояса нежелательно, поскольку приводит к снижению массы сеянцев (на 15...25 %), их этиоляции, а в отдельных случаях распространению грибных заболеваний. Лучший рост кедра здесь во всех случаях наблюдался при полном солнечном освещении.

В питомниках светлохвойного пояса отенение сеянцев в первый год выращивания может приносить пользу, но не за счет уменьшения освещенности, а в результате улучшения микроклиматических условий в жаркую сухую погоду. При отенении посевов щитами в почве лучше сохраняется влага, повышается влажность приземного слоя воздуха (на 5-6, а в отдельные часы даже на 10 %), понижаются температурный максимум на поверхности почвы (в отдельные дни на 15...20 °С), температура почвы (на 3...8 °С на глубине 5 см и на 1...3 °С на глубине 20 см), повреждения от ожогов и опалов.

Поливы посевов, как и отенение, необходимы при выращивании кедра лишь за пределами его естественного ареала в относительно сухих условиях произрастания.

Посевы и посадки (в школьном отделении) всегда должны быть чистыми от сорняков. Это достигается своевременной культивацией посевов по мере появления сорняков или применением гербицидов.

Одним из способов получения крупных сеянцев кедра является выращивание их в посевном отделении питомника в течение 5...7 лет. При сроке 5 лет доля сеянцев высотой более 15 см составляет 40...50 %, при сроке 6 лет – 75...85 %. При выращивании сеянцев более крупных размеров, естественно, требуется дополнительное время для их роста в условиях посева.

Агротехника и технология выращивания укрупненных семян обычных, только в этом случае посе́вы изреживают и сеянцы растут в посевном отделении не 3...5, а 5...7 лет и более.

Наиболее эффективным способом восстановления ке́дра на вырубках и других категориях лесокультурного фонда является посадка крупномерных саженцев, выращенных в школьном отделении питомника. При этом отпадает необходимость в обработке почвы под культуры, агротехнических уходах за ними, сокращается количество посадочного материала. По мере необходимости за культурами проводится лишь лесоводственный уход.

Саженцы ке́дра должны иметь хорошо развитую надземную часть и мочковатую корневую систему. Высота стволика – не менее 25 см, диаметр корневой шейки – 8 мм [2]. Для того чтобы сформировать компактную корневую систему, у сеянцев на втором году роста в посевном отделении питомника в конце августа – начале сентября проводят подрезку корней.

В школьное отделение пересаживают трехлетние сеянцы, среди которых отбор лучших по морфологическим признакам оптимален. Схема посадки в школе 0,4...0,5 м в ряду и 0,8...1,0 м между рядами, срок выращивания 6...8 лет. Выращивание саженцев в школьном отделении менее 3 лет нецелесообразно, так как после пересадки из посевного отделения они в течение 1-2 лет испытывают депрессию, снижая значительно прирост по высоте и диаметру и не достигая необходимых размеров. Если высаживать на лесокультурную площадь саженцы после двухлетнего пребывания в школе, то наступает еще одна послепосадочная депрессия роста, и саженец обречен на длительное угнетение со стороны травянистых и древесных растений.

Учитывая высокую приживаемость и сохранность крупномерных саженцев, целесообразно иметь 1000...1500 посадочных мест на 1 га. Их следует размещать равномерно по площади, а не группами по несколько штук, чтобы вырастить рано и интенсивно плодоносящие древостои. При хозяйстве на древесину на 1 га высаживают 2000...2500 саженцев. По мере необходимости за культурами следует проводить только лесоводственный уход (рубки ухода).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Кедровые леса Сибири / И.В. Семечкин, Н.П. Поликарпов, А.И. Ирошников и др. - Новосибирск: Наука, 1985. - 258 с. [2]. ОСТ 56-98-93. Сеянцы и саженцы основных древесных пород. - 39 с.

Поступила 28 июня 1996 г.

УДК 630*641

А. П. САПОЖНИКОВ, В. А. МОРИН
Дальневосточный НИИ лесного хозяйства



Сапожников Анатолий Павлович родился в 1933 г., окончил в 1956 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией лесной экологии Дальневосточного НИИ лесного хозяйства. Имеет 218 печатных работ в области лесного почвоведения, экологии, лесоресурсного землепользования.



Морин Виталий Алексеевич родился в 1939 г., окончил в 1969 г. Дальневосточный государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник лаборатории лесной экологии Дальневосточного НИИ лесного хозяйства. Имеет 30 печатных работ в области экологии, нормирования защитных лесов, оценки противозерозионной устойчивости горных лесов, использования бассейнового принципа организации территории и хозяйства.

О ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВАХ ДЕЛЕНИЯ ЛЕСОВ НА ГРУППЫ И КАТЕГОРИИ ЗАЩИТНОСТИ

Рассмотрены некоторые аспекты экологической и социально-экономической ситуации, влияющие на отнесение лесов к группам по народнохозяйственному значению и категориям защитности. Обсуждены теоретические вопросы. Предложен бассейновый принцип дифференциации горных территорий.

Some aspects of ecological and socio-economic situation, affecting the classification of forests into groups by national economy significance and categories of protectiveness have been considered. Certain theoretical matters are discussed. The basin principle of differentiating mountainous territories is suggested.

Деление лесов на группы и категории защитности есть организация территории на базе оценки эколого-социально-экономической ситуации для целей оптимизации лесопользования и обеспечения неистощительности лесопользования. Современной системе деления лесов на группы более 50 лет. За истекший период в стране произошли существенные изменения, практически во всех сферах государства. Приведем основные из них, в той или иной степени влияющие на ситуацию в лесном хозяйстве и лесопользовании.

1. Образовалась многоукладность экономики, изменилось понятие народнохозяйственной значимости лесов, нормирование и регулирование природопользования смещаются из центра в регионы, в значительной мере утрачена директивная роль центра, во многом устарела инструктивно-нормативная база.

2. Вырос уровень осознания обществом экологической роли лесов.

3. Интенсивно внедряется система природоохранного мониторинга.

4. Резко возросли, особенно в последние годы, масштабы безнормативного лесопользования (проще говоря, расхищения).

5. Возникли новые экологические аспекты, оказывающие влияние на организацию природопользования: биоразнообразие, «зеленое опустынивание» в бореальной зоне и роль его в глобальном изменении климата, проблемы депонирования углерода лесной растительностью, методы оценки экологической устойчивости и др.

В этой ситуации необходимы новые подходы к организации системы природопользования, включающей нормативы, стандарты, режимы, квоты, разделение территории лесного фонда по значимости лесов.

Анализ теоретической базы деления лесов на группы и действующей нормативной базы отнесения лесов к категориям защитности делает актуальной решение еще одной задачи. Если теоретическая база может не иметь региональных границ, то нормативная обязательно должна учитывать специфику территории, что обычно отражается в оценках устойчивости лесных биогеоценозов, уровне и структуре лесистости, демографической и социальной ситуации и т.д. Опыт показал, что практически любые нормативы, даже ГОСТ, требуют региональной корректировки, так как не только трудно, но практически невозможно на федеральном уровне учесть все аспекты территориальной специфики [8].

Очевидно, назрела потребность в других принципах организации территории. Методические подходы последних десятилетий во многом исчерпали себя. Можно ужесточить действующие нормативы (например по ширине защитных или запретных лесов), но принципиально это ничего не изменит. К тому же система отнесения лесов к той или иной группе или категории весьма громоздка и заметно отстает от ситуации, возникающей на конкретной территории [9].

По нашему мнению, просматриваются (гипотетично) три вероятных решения, причем ни одно из них нельзя считать завершённым. Требуется их более детальная разработка, на что может уйти не менее двух лет. Условно эти подходы формулируются следующим образом: 1) по приоритетности функции леса; 2) по уровню и структуре лесистости территории; 3) бассейновый. Возможны и другие решения. В частности, Институт лесоведения РАН в рамках программы «Российский лес» разрабатывает теорию классификации лесов с учетом специфики их функций, роли и целевого назначения. Возможна классификация лесов на уровне хозяйственных групп типов леса по «жесткости» режимов пользования с учетом их многофункционального потенциала. В 1990 г. ДальНИИЛХ разработал «Методические указания по упорядочению деления лесов на группы и категории защитности в условиях Дальнего Востока». Но они остались невостребованными, хотя основывались на оценке сложившейся ситуации. Однако и этот подход по многим причинам оказывается недостаточным.

Таким образом, наряду с крупными проблемами, требующими решения в рамках настоящей темы, существует и ряд частных, но не менее важных. Лесистость признается одним из главных факторов оценки народнохозяйственной значимости территории, при этом группообразующими факторами следует считать структуру лесного покрова (соотношение и сопряженность лесных и безлесных выделов), породный состав лесов и т. п. Необходимо четко формулировать проблемы и задачи хозяйственной и экологической организации конкретной территории. Следует изучать (предвидеть) возможную балльную значимость регионального, территориального, локального хозяйствования. В тесной связи со сказанным находится необходимость классификации земель (а возможно и территорий в целом) по уязвимости (или устойчивости), позволяющей обеспечить максимальную их защиту отнесением в соответствующие категории со щадящими режимами пользования.

Совершенствование системы деления лесов на группы и категории защитности может создать определенные трудности, вызванные требованиями экологичности управления и производства, которые опережают уровень технологичности; низким уровнем законопослушания; серьезным отставанием законодательной базы от экологических знаний, а также экологической культуры от технологических возможностей; резким возрастанием возможностей реализации многофункциональности лесов при многообразии форм собственности, что влечет неизбежность возникновения экологических, экономических и социальных конфликтных ситуаций на всех уровнях управления и производства.

Таким образом, разработка теоретических основ дифференциации земель гослесфонда по народнохозяйственному значению (точнее по комплексу экологических, экономических и социальных функций) является многоаспектной задачей, для решения которой потребуются проработка различных вариантов, обязательно увязываемых с региональной спецификой. Одним из таких вариантов является разрабаты-

ваемый в ДальНИИЛХе бассейновый принцип организации территории [4]. Он направлен на реализацию защитных и водоохраных функций леса в горных условиях применительно к дальневосточной ситуации.

Любой речной бассейн (водосбор) представляет собой одновременно замкнутую и открытую (полуоткрытую) экосистему. Замкнутость состоит в том, что водоразделы как внешние границы бассейна являются существенным ограничительным барьером для потоков извне (геохимические, биологические, физические – особенно внебассейновые, со смежных территорий). В то же время вынос имеет четко выраженную однонаправленность, лишь незначительно ослабляемую ветровыми потоками.

Четкая очерченность территории бассейна естественными границами позволяет оценить ее по многим параметрам – геоморфологическим, гидрологическим, почвенным, фитоценоотическим – и в целом представить экологическую ситуацию, ее устойчивость или уязвимость, а также экологическую значимость данного бассейна в ряду сопряженных с ним. А преобладание замкнутости над открытостью создает благоприятные условия для предвидения возможных последствий антропогенного вторжения в бассейн.

Большое разнообразие защитных функций лесной растительности (по нашим данным их 15) в горных условиях обуславливается комплексом экзогенных процессов рельефообразования как потенциально возможных на изучаемой территории, так и связанных с природными условиями региона.

В горных условиях бассейновый принцип имеет приоритетное значение. Установлено, например, что оптимизация условий водного режима в бассейне Нижнего Амура предполагает сохранение облесенности не ниже 55...70 %. Однако для рационального использования территории водосборов необходима дифференцированная оценка внутрибассейновых участков и прогноз потенциально возможного развития экзогенных процессов на них. Это способствует дальнейшей разработке систем мероприятий и режимов пользования, направленных на стабилизацию естественной ситуации в пределах водосбора.

Сложным и до сих пор не решенным является вопрос о рациональном размещении лесной растительности на территории водосбора для максимального использования ее водорегулирующей роли [2, 6]. Существуют разные варианты регулирования стока: либо за счет полной облесенности водосбора [5], либо при частичной (но более 50 %) с чередованием залесенных и открытых участков [1, 3], либо при сосредоточении лесов в одной из частей водосбора – верхней или нижней [7].

Многочисленные разработки по размещению лесов в целях водорегулирования делались чаще всего применительно к регулированию весеннего стока. В условиях Дальнего Востока первоочередной задачей является регулирование стока в реках с преимущественно дождевым режимом питания и летне-осенними пиками паводков. Здесь речь идет

о разной скорости добегаания до русла одновременно выпавших, зачастую ливневых осадков (в зависимости от дренирующей способности поверхности и характера распределения и состава лесной растительности), а также о защите наиболее уязвимых участков.

С точки зрения занимаемых экологических позиций наиболее уязвимы каменноберезники высокогорные, ельники высокогорные, лиственничники горные, дубняки горные, кедровники леспедцево-рододендроновые с дубом. Все они, как правило, приурочены к водоразделам и крутым верхним частям склонов. Здесь выше амплитуда температур, выпадает больше осадков, маломощный или фрагментарный почвенный покров, напряженный ветровой режим. Все это является предпосылкой высокой динамичности гравитационных и флювиальных процессов.

В лучших условиях находятся и более устойчивы леса на выложенных склонах, шлейфах и днищах долин, где сильнее развит почвенный покров, формируется многоярусная растительность, меньше контрастность микроклимата и, соответственно, ниже опасность развития деструкционных процессов.

Определение позиций защитных лесов внутри бассейна всегда связано с уровнем его лесистости. Реализация средозащитных функций леса должна опираться на представления об уровне критической лесистости. Последняя обычно рассматривается как нижний предел экологически необходимой лесистости.

Анализ ситуации с разделением лесов на группы и категории защитности в горных условиях, а также региональных особенностей размещения этих лесов показал необходимость коренных изменений в сложившихся подходах, в том числе к нормативной и директивной базам. Нужна теоретическая основа, создание которой в рамках программы «Российский лес» практически невозможно из-за ограниченности средств для подключения к ней широкого круга специалистов. Важным направлением становится разработка режимов пользования при реализации многофункционального (сырьевого и несырьевого) потенциала лесов, в том числе и в лесах защитного значения. Не исключено, что в условиях рыночной экономики и арендных отношений важным фактором организации территории могут стать сами режимы пользования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Воейков А.И. Изменения уровня Волги и Каспийского моря и влияние вырубок лесов // Воздействие человека на природу. - М., 1949. - С. 195 - 200. [2]. Воронков Н.А. Научное обоснование и пути повышения гидрологической роли лесов // Проектирование и научное обоснование повышения продуктивности и качества лесов, природоохранного и социального их значения. - М., 1983. - С. 240 - 241. [3]. Дубах А.А. Лес как гидрологический фактор. - М.; Л.: Гослесбумиздат, 1951. - 160 с. [4]. Ефремов Д.Ф., Морин В.А. Проблема нормирования водоохранно-защитных лесов на Дальнем Востоке // Человеческое измерение региональных проблем: Тез. Междунар. симпоз.

Ч. 2. - Биробиджан, 1992. - С. 19 - 22. [5]. Огневский А.В. Влияние леса на весенние максимальные расходы воды в реках // Метеорология и гидрология. - 1977. - № 3. - С. 47 - 59. [6]. Протопопов В.В. О возможных изменениях экологических функций лесов Сибири // Трансформация лесными экосистемами факторов окружающей среды. - Красноярск, 1994. - С. 4 - 9. [7]. Рахманов В.В. Гидрологическая роль лесов. - М., 1984. - 241 с. [8]. Сапожников А.П. Нужны региональные системы показателей для оценки рекреационных ресурсов // Лесн. хоз-во. - 1991. - № 8. - С. 40 - 42. [9]. Шейнгауз А.С. Принципы деления лесов по народнохозяйственному значению // Использование и воспроизводство лесных ресурсов Дальнего Востока: Тез. докл. Всесоюз. конф. Ч. 1. - Хабаровск, 1972. - С. 157 - 160.

Поступила 11 июня 1996 г.

УДК 630*611:630*901

Ю.В. ЛЕБЕДЕВ

Институт леса УрО РАН

Лебедев Юрий Владимирович родился в 1939 г., окончил в 1965 г. Уральский лесотехнический институт, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией эколого-экономических проблем лесопользования Института леса УрО РАН. Имеет 126 печатных работ в области эколого-экономических проблем лесопользования на Урале.



МЕТОДОЛОГИЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ В ОБЩЕЙ СИСТЕМЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ РЕГИОНА

Рассмотрены смысл многоцелевого лесопользования как части общей системы природопользования, этапы его оптимизации: формализация системы, целевые функции, критерии оценки, принципы решения задач.

The significance of multipurpose forest utilization as part of general nature use system, the stages of its optimization: the formalization of the system, the target functions, the assessment criteria, the principles of the problems' solution have been considered.

Многоцелевое лесопользование как часть общей системы природопользования включает заготовку и переработку лесных ресурсов и их воспроизводство, использование и охрану экологических и социальных функций леса, сохранение, воспроизводство и рациональное изменение экологического баланса в лесных экосистемах. Под экологическим балансом в данном случае понимается количественное сочетание экологических компонентов: растений-продуцентов, животных-консументов, организмов-редуцентов, воды, газов, субстратов-почвы, обеспечивающих естественное формирование и поддержание лесных экосистем.

Увязка многоцелевого лесопользования с общей системой природопользования заключается в учете при эксплуатации природно-ресурсного потенциала леса взаимосвязей между лесными ресурсами и другими видами природных ресурсов (почвенные, водные и др.), воспроизводством лесных ресурсов и восстановлением всего природного комплекса данной территории, экологическими и социальными функциями леса и общей совокупностью природных условий территории (климатом), состоянием экологического баланса в лесных экосистемах и сочетанием экологических компонентов во всей природной среде, обеспечивающим ее естественное формирование и поддержание на данной территории. Необходимо учитывать межгосударственные принципы лесопользования, сохранения и сбалансированного развития лесов на планете.

В соответствии с существующими нормативно-правовыми актами обычно рассматривают следующие виды лесопользования: заготовка древесины, живицы, недревесных материалов, побочные лесные пользования, пользование лесным фондом для нужд охотничьего хозяйства, в научно-исследовательских, культурно-оздоровительных, туристических и спортивных целях. Здесь не представлено воспроизводство лесных ресурсов как вид лесопользования. Между тем в работах Б.П. Колесникова [4], Н.А. Моисеева [10], Т.С. Лобовикова [8], П.В. Васильева [1], Н.И. Кожухова [5] показано, что расширенное воспроизводство, характеризующееся повышением общей продуктивности лесных площадей, является обязательным элементом многоцелевого лесопользования. К основным видам работ по воспроизводству лесов относятся выращивание сеянцев и саженцев в лесных питомниках, рубки ухода, реконструкция малоценных насаждений. В общей системе природопользования это использование лесных земель-почвы.

При оценке природных условий лесных экосистем, как правило, исследуют роль леса в культурно-оздоровительных (рекреационных) целях. Большую часть природных условий (экологические и социальные функции леса) в качестве объектов использования не рассматривают. Но в экономической литературе по лесному хозяйству [5, 13] существует множество предложений по оценке таких средозащитных функций леса, как водоохранная, почвозащитная, ветрогасящая и др. По существу это примеры лесопользования нелесными отраслями хозяйства. В систему многоцелевого лесопользования пока не включают сохранение, воспроизводство и рациональное изменение экологического баланса в лесных

экосистемах. Данная форма лесопользования может осуществляться при тесной увязке с общей системой природопользования.

Для лесов таежной зоны одним из элементов такой увязки является решение вопросов хозяйственного использования лесопокрытой территории: развитие промышленности, сельского хозяйства, селитебных зон и др.

Для качественной и количественной оценки многоцелевого лесопользования распространены следующие его определения: постоянное, неистощительное, равновесное, экологическое, оптимальное, устойчивое и др. Последний термин, все более широко применяемый в последнее время, полагает лесопользование как поддержание ряда важных характеристик, которые совместно или порознь сохраняют всю совокупность лесных земель в состоянии, обеспечивающем регулярное получение ожидаемых обществом товаров и услуг. Все важные характеристики предложено представлять в виде критериев и наиболее подходящих количественных индикаторов.

Оценка характера многоцелевого лесопользования связана с определенной его формализацией, а для строгого решения задач определения вариантов лесопользования необходима постановка соответствующих задач оптимизации: формулировка цели, общий анализ, обоснование совокупности критериев оптимизации, выбор методов решения задач [3].

Для формализованного представления многоцелевого лесопользования может быть использовано пространство параметров состояния $\{X\}$ и управления $\{Y\}$. Первые заданы, вторые можно изменять при формировании системы многоцелевого лесопользования. Это деление условно, так как любая группа параметров в зависимости от решаемых задач может характеризовать или состояние системы, или управление ею.

Параметры состояния разделены на независимые, характеризующие общий природно-ресурсный потенциал территории, биологическое разнообразие лесных экосистем, их эколого-экономическую оценку, зависимые производственные и описывающие нормативно-правовую базу многоцелевого лесопользования. Перечень конкретных параметров лесопользования дан на рис. 1.

Значения каждого параметра находятся в определенных пределах, накладываемых условиями существования лесных биоценозов и условиями лесопользования. Все группы параметров взаимосвязаны: в одних случаях установлены вероятностно-достоверные зависимости (например таблицы хода роста древостоев), в других – логически понятные связи в общем виде (водорегулирующая функция леса), в третьих необходимы специальные исследования (например роль отдельных компонентов леса в задержании техногенных загрязнений атмосферы). Для управления многоцелевым лесопользованием важно знать зависимости параметров экологических последствий от различных вариантов и видов лесопользования. Конкретные виды параметров необходимо

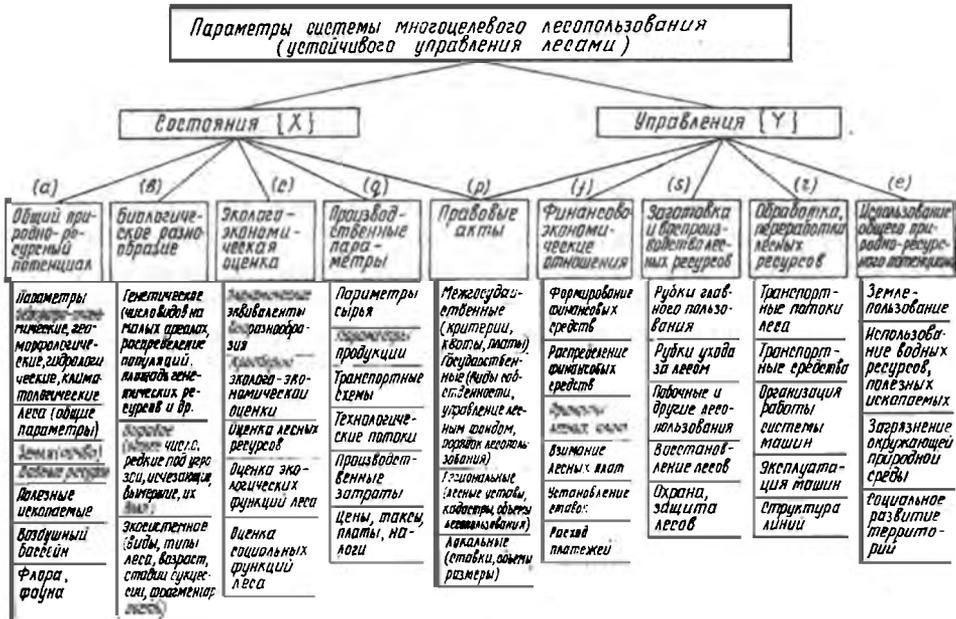


Рис. 1. Параметры системы многоцелевого лесопользования

представлять в математической форме, т. е. характеризовать вид распределения, его форму, масштаб, взаимозависимость в последовательности, характер динамики во времени и пространстве.

Качество многоцелевого лесопользования оценивается показателями эффективности (критериями оптимизации), которыми могут быть любые из параметров состояния и управления или характеристики лесопользования, определяемые в зависимости от этих параметров.

Задачи оптимизации многоцелевого лесопользования разнообразны. В общем случае они могут быть разделены на два типа:

поиск для существующих параметров состояния лесных экосистем {X} оптимальных значений параметров управления лесопользованием {Y};

поиск для определенных заданных параметров управления лесопользованием {Y} оптимальных значений параметров лесных экосистем {X}.

В задачах первого типа из возможных вариантов организации многоцелевого лесопользования, характеризующихся совокупностью параметров управления (рис. 1), для существующих лесных экосистем с параметрами состояния выбирают такой, при котором критерий оптимальности U получит экстремальное значение. Целевая формула имеет вид

$$U \{ (f); (s); (r); (e) \} \rightarrow \text{ext} \tag{1}$$

при $\{ (a); (b); (c); (q); (p) \} = \text{const.}$

В таких задачах среди параметров управления в качестве основных могут быть выделены параметры совершенствования: процесса конкретного вида лесопользования (s), лесоперерабатывающего процесса (r), финансово-экономической системы (f).

При решении конкретных задач выбирают главные параметры, в значительной мере определяющие большую часть остальных. Так, при выборе рационального способа рубки леса в заданных природно-экономических условиях главными являются возрастная структура и тип леса; условиями и ограничениями – расширение площади несплошных рубок. Аналогично формулируется цель в задачах формирования транспортной сети лесопромышленного региона, создания лесопромышленной системы с максимальным использованием древесной массы и др.

В задачах второго типа среди существующих лесных экосистем находят такие, которые при определенных заданных значениях параметров управления обусловят экстремум критерия оптимальности U . Целевая функция имеет вид

$$U \{(a); (e); (c); (q); (p)\} \rightarrow \text{ext} \quad (2)$$

при $\{(f); (s); (r); (e)\} = \text{const.}$

В таких задачах доминирует экологический аспект. К ним относятся максимизация углекислогогазопоглощающей роли лесов, обоснование возрастов и оборотов рубок леса, размеров главного пользования, программы лесовозобновления с учетом особенностей многоцелевого лесопользования, определение оптимальной залесенности региона и его отдельных зон.

Связь многоцелевого лесопользования с общей системой природопользования заключается в учете связей лесных экосистем с общими природными комплексами и характера лесопользования с характером других видов природопользования.

Критерии эффективности многоцелевого лесопользования должны быть количественно измеряемыми величинами. Мы исходим из положения, что основной критерий формируется в соответствии со сформулированными выше целями и заключается в производстве определенного (не всегда максимального) количества материальных благ и обеспечении благоприятных условий окружающей природной среды с минимальными совокупными затратами живого и овеществленного труда.

В общем виде основной критерий оптимизации многоцелевого лесопользования представляется в векторной форме:

$$U = u (\max \Pi; \max \mathcal{E}; \min \mathcal{Z}), \quad (3)$$

где $\max \Pi$ – критерий максимального использования потребительских функций леса, в том числе экологических и социальных;

$\max Z$ – критерий максимального обеспечения благоприятных условий окружающей природной среды, соответствующий сохранению биоразнообразия лесных экосистем;

$\min Z$ – критерий минимума суммарных затрат живого и овеществленного труда.

Связь многоцелевого лесопользования с общей системой природопользования в критерии (3) осуществляется наложением ограничений на изменение параметров общего природно-ресурсного потенциала территории $(a_1) < (a_i) < (a_n)$, ограничений на изменение параметров использования общего природно-ресурсного потенциала $(e_1) < (e_i) < (e_n)$.

Оптимизация по векторному критерию (3) должна выполняться на основе прогнозных расчетов развития лесного комплекса и учета усиления экологической и социальной роли лесов. То есть основной критерий отражает существование компромисса при решении экономических проблем и охраны окружающей среды.

Наряду с основным критерием для наиболее полной характеристики как отдельных видов лесопользования, так и всей системы многоцелевого лесопользования последовательно вводят дополнительные критерии. Так, критерий эффективного использования потребительских функций леса имеет вид

$$\max \Pi = u(\max P; \max S; \max C), \quad (4)$$

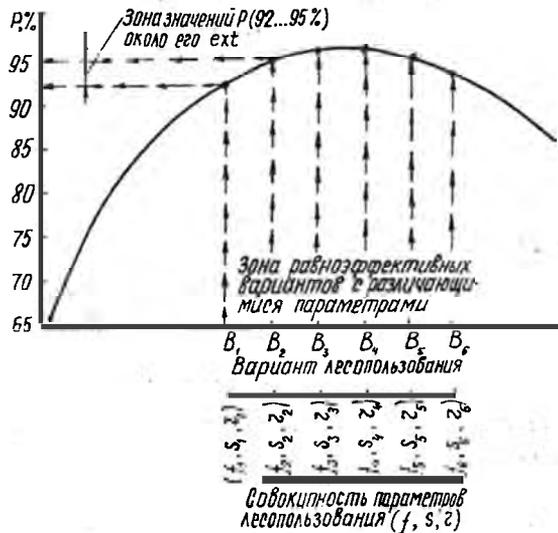
где $\max P$, $\max C$ – критерии максимального использования соответственно сырьевых ресурсов и социальных функций леса;

$\max S$ – критерий максимальной реализации защитных функций леса.

Значения параметров, соответствующие оптимальному варианту по данным критериям, должны находиться в определенных пределах, обеспечивающих, в частности, сохранение биологического разнообразия, неистощительности (или постоянства) лесопользования, расширенное воспроизводство лесов и другие условия.

Общие положения однокритериальной оптимизации многоцелевого лесопользования можно разделить на две части: 1) когда наилучший вариант определяется в результате применения строгих математических методов и выражается в однозначной совокупности найденных параметров; 2) когда однозначный результат определить не удастся. Расчеты показывают, что в большинстве случаев в задачах оптимизации сложных систем характерна пологость изменения критерия оптимальности при приближении к экстремуму. На рис. 2 дана схема такой ситуации, где при поиске рационального варианта лесопользования по критерию $\max P$ получена зона относительно равнозначных вариантов B, B_1, B_6 с малоотличающимися значениями критерия P, P_1, P_6 , характеризующихся существенно отличающимися совокупностями параметров управления $\{(f)_1; (s)_1; (r)_1; (e)_1\}; \dots; \{(f)_6; (s)_6; (r)_6; (e)_6\}$. Эта особенность не позволяет однозначно определить наилучший вариант лесопользования по любому частному критерию. Неопределенность оптимальных решений обусловлена неполным знанием условий

Рис. 2. Схема образования зоны неопределенности оптимальных решений



будущего функционирования лесных экосистем (особенно после антропогенного воздействия на них); неточностью и недостаточностью исходной информации о связях между параметрами и критериями; устойчивостью экономических и экологических показателей.

При наличии зоны неопределенности следует находить возможно более однозначные решения; они основаны на эвристических методах [11], в которых используют специальные (дополнительные) критерии. Для задач оптимизации лесопользования приемлемы критерии средних затрат, минимаксных затрат, минимаксного риска [9]. Для определения таких критериев составляют матрицу вариантов многоцелевого лесопользования (рис. 3). Здесь индекс i означает номер варианта лесопользования в зоне неопределенности, индекс j – номер совокупности параметров управления системой лесопользования. Тогда значения критериев P располагаются по диагонали матрицы и имеют вид $P_{11}, P_{22}, \dots, P_{ij}, \dots, P_{66}$ (при $i = j$).

Варианты лесопользования – параметры управления $Y = \{f; s; z\}$	Условия многоцелевого лесопользования – параметры состояния $X = \{a; b; c; q; p; f\}$				
	X_1	...	X_i	...	X_n
Y	P_{11}		P_{ii}		P_{1n}
...
Y_i	P_{i1}		P_{ii}		P_{in}
...
Y_n	P_{n1}		P_{ni}		P_{nn}

Рис. 3. Схема матрицы вариантов многоцелевого лесопользования

Критерий средних затрат определяют по максимальному из средних значений показателя P для каждой совокупности параметров (по вертикали):

$$\max_j \left(\frac{P_{1j} + \dots + P_{ij} + \dots + P_{6j}}{6} \right) = \max_j \bar{P}_j. \quad (5)$$

При использовании критерия минимаксных затрат выбирают вариант лесопользования, для которого худший результат лучше, чем худший для любого другого варианта:

$$\max_j P_j^{\min} = \min_j \max_i P_{ij}. \quad (6)$$

Этот критерий, по сравнению с критерием (5), страхует от отрицательных последствий при самой неблагоприятной реализации системы управления многоцелевым лесопользованием.

Для особо важных случаев организации лесопользования (например в лесах защитных категорий) рациональный вариант выбирают по критерию минимаксного риска. Матрица P_{ij} преобразуется в матрицу рисков R_{ij} согласно соотношению

$$R_{ij} = P_{ij} - P_i^{\max} = P_{ij} - \max_j \bar{P}_j. \quad (7)$$

Смысл этого критерия сводится к устранению риска слишком больших потерь какой-либо функции леса при появлении неблагоприятных условий функционирования лесных экосистем при их многоцелевом использовании.

Таким образом, в результате однокритериальной оптимизации по определенному частному критерию находят оптимальные значения параметров управления многоцелевым лесопользованием; каждый частный критерий выделяет свою совокупность параметров. Поэтому приемлемое решение по векторным критериям (3) и (4) будет соответствовать промежуточным вариантам между вариантами с $\max \Pi$, $\max \mathcal{E}$, $\min \mathcal{Z}$ или с $\max P$, $\max S$, $\max C$.

Многокритериальные задачи решают путем ранжировки критериев по важности [12] или синтеза глобального критерия [2]. В первом случае критерии оптимизации жестко располагаются в порядке относительной важности или произвольно, но тогда каждому соответствует определенная уступка. Оптимальный вариант многоцелевого лесопользования соответствует экстремальному значению самого важного критерия. При менее жестком расположении оптимальный вариант полагает отклонение от экстремальных значений частных критериев, т. е. уступки этим критериям. Так, в рациональном варианте лесопользования в лесах промышленной зоны каждому частному критерию $\max P$, $\max S$ и $\max C$ соответствует определенное отклонение δ_P , δ_S и δ_C .

Поиск рационального варианта ведется в такой последовательности:

- 1) найти $\max P(f_i, s_i, r_i, e_i)$;

- 2) найти $\max S(f_2, s_2, r_2, e_2)$;
 $P(f_2, s_2, r_2, e_2) \geq \max P(f_1, s_1, r_1, e_1) - \delta_P$; (8)
- 3) найти $\max C(f_3, s_3, r_3, e_3)$;
 $P(f_3, s_3, r_3, e_3) \geq \max P(f_1, s_1, r_1, e_1) - \delta_P$;
 $S(f_3, s_3, r_3, e_3) \geq \max S(f_2, s_2, r_2, e_2) - \delta_S$.

Значения уступок $\delta_P, \delta_S, \delta_C$ определяют через взаимосвязи частных критериев. Так, для определения δ_S критерию S задают несколько значений $\delta_S^{(1)}, \delta_S^{(2)} \dots$ и определяют соответствующие значения $P(\delta_S^{(1)}), P(\delta_S^{(2)}) \dots$. Отсюда становится ясной зависимость δ_S от P . На рис. 4 дана графическая интерпретация этой зависимости. Результаты расчетов показывают, что вначале даже небольшие уступки δ_3 позволяют получить значительный выигрыш по критерию $\max P$. С дальнейшим увеличением уступки δ_3 выигрыш растет медленнее.

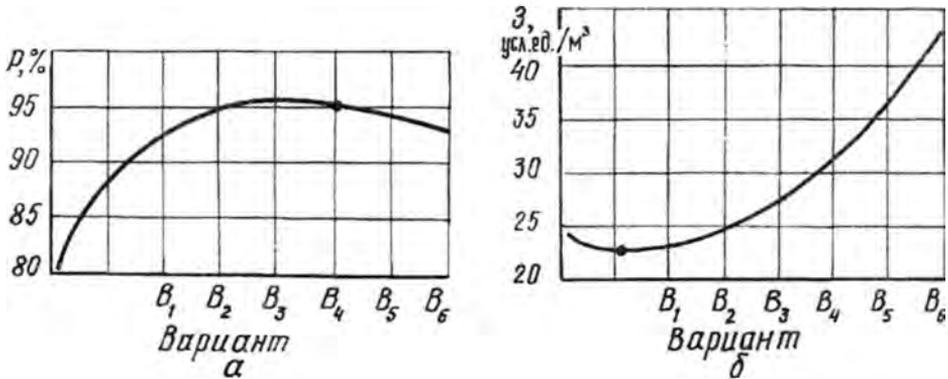
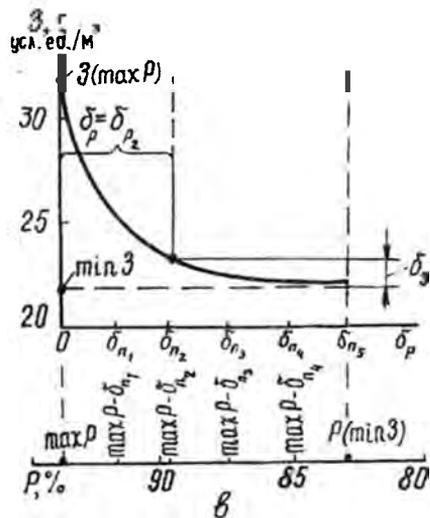


Рис. 4. Графическая интерпретация обоснования уступок критериям $\max P$ и $\min Z$: а – зависимость критерия уровня использования сырьевых ресурсов леса ($P, \%$) от вариантов лесопользования; б – зависимость критерия суммарных затрат труда на получение продукции ($Z, \text{ усл. ед. / 1 м}^3$ древесины) от вариантов лесопользования; в – зависимость между критериями суммарных затрат труда Z и уровнем использования сырьевых ресурсов леса P



Рассмотренная методология многоцелевого лесопользования позволяет подойти к решению проблемы устойчивого управления лесами, когда обеспечивается должный баланс между решением социально-экономических проблем и сохранением окружающей природной среды. В практическом плане многокритериальная оптимизация лесопользования была применена при поиске эффективной организации переработки древесных ресурсов на Урале [6, 7]. Предложены решения по распределению, специализации, концентрации и оптимизации транспортно-технологических потоков леса, позволяющие из заданного объема древесных ресурсов получать максимально возможный объем товарной продукции; важными ограничениями в решении данной задачи являлось сохранение средоформирующих функций лесов, их экологического потенциала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Васильев П.В. Экономика использования и воспроизводства лесных ресурсов. - М.: АН СССР, 1963. - 478 с. [2]. Вентцель Е.С. Исследование операций. - М.: Сов. радио, 1972. - 310 с. [3]. Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. - М.: Наука, 1971. - 295 с. [4]. Зонально-географические и типологические закономерности естественного возобновления в лесах Свердловской области / В.П. Колесников, Н.А. Коновалов, Р.П. Исаева, Н.А. Луганский // Возобновление леса. - М.: Колос, 1975. - С. 14 - 21. [5]. Кожухов Н.И. Экономика воспроизводства лесных ресурсов. - М.: Лесн. пром-сть, 1988. - 264 с. [6]. Лебедев Ю.В. Совершенствовать региональные транспортно-технологические связи предприятий // Лесн. пром-сть. - 1984. - № 11. - С. 12 - 15. [7]. Лебедев Ю.В. Оптимизация использования вторичных древесных ресурсов на Урале // Сб. тр. ИЛ УрО РАН. - Екатеринбург, 1992. - С. 19 - 28. [8]. Лобовиков Т.С. Лесные предприятия будущего и воспроизводство лесных ресурсов // Лесн. журн. - 1977. - № 4. - С. 21 - 24. - (Изв. высш. учеб. заведений). [9]. Мелентьев Л.А. Оптимизация развития и управления больших систем энергетики. - М.: Высш. шк., 1976. - 320 с. [10]. Моисеев Н.А. Воспроизводство лесных ресурсов. - М.: Лесн. пром-сть, 1980. - 263 с. [11]. Оуэн Г. Теория игр. - М.: Мир, 1971. - 230 с. [12]. Подиновский В.В., Гаврилов В.М. Оптимизация по последовательно применяемым критериям. - М.: Сов. радио, 1975. - 192 с. [13]. Хачатуров Т.С. Экономика природопользования. - М.: МГУ, 1991. - 273 с.

Поступила 28 июня 1996 г.

УДК 630*905.2

В.В. КУЗЬМИЧЕВ, С.Л. ШЕВЕЛЕВ

Красноярская государственная технологическая академия

Кузьмичев Валерий Васильевич родился в 1933 г., окончил в 1955 г. Брянский лесохозяйственный институт, доктор биологических наук, профессор кафедры лесной таксации и лесоустройства Красноярской государственной технологической академии. Имеет 92 печатные работы по вопросам изучения строения и роста древостоев, динамики их пространственной структуры.



Шевелев Сергей Леонидович родился в 1948 г., окончил в 1971 г. Сибирский технологический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой лесной таксации и лесоустройства Красноярской государственной технологической академии. Имеет около 80 печатных работ в области изучения закономерностей роста и развития светлохвойных древостоев Красноярского края.



ПЕРСПЕКТИВЫ ОРГАНИЗАЦИИ МНОГОПРОДУКТОВОГО ХОЗЯЙСТВА В ЛЕСАХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Рассмотрены возможности создания некоторых форм многопродуктового хозяйства в лесах Красноярского края. Предложены методологические основы организации и размещения объектов многоцелевого лесопользования.

The possibilities of establishing some forms of multiproductive management in the forests of Krasnoyarsk Territory have been considered. The methodological principles of organizing and locating the multi-purpose forest utilization facilities have been suggested.

Идея комплексного использования лесных ресурсов существует давно, но на разных этапах развития лесного дела она имела различную значимость и в нее вкладывали неодинаковое содержание. В современных условиях значительно расширились возможности переработки растительного сырья, и только одно получение биологически активных веществ или ароматических соединений из фитомассы кустарников и трав (или крон деревьев при лесозаготовках) дает больше дохода, чем реализация древесины. Сейчас ведущей считают биосферную функцию леса, реализация которой способствует сохранению жизни на нашей планете. К сожалению, это признание не получило должного развития и не нашло организационного решения вследствие недостаточной проработки вопросов стоимостной оценки «невесомых» полезностей леса.

Возникают также противоречия между некоторыми взаимоисключающими видами лесопользования, когда приходится давать взвешенные оценки и выбирать наиболее приемлемое их сочетание. Эти решения должны опираться на знание местных условий.

Уникальный растительный мир Красноярского края богат ценными пищевыми и лекарственными растениями, иногда присущими флоре лишь этого региона. При описании только горных районов юга края [2] выделено 29 видов пищевых и лекарственных растений, эксплуатация которых возможна, и 18 видов, заготовка которых экономически целесообразна. Северные районы края, не обладающие таким обилием видов дикорастущих пищевых и лекарственных растений, в свою очередь, отличаются высокой продуктивностью отдельных довольно ценных видов (брусника, клюква, голубика, черника). Эти районы пока не подверглись антропогенному прессингу, который ощущают южные и особенно центральные районы края. Видами, требующими охраны и не имеющими в настоящее время эксплуатационного значения, следует считать левзею сафлоровидную (маралий корень) и родиолу розовую (золотой корень).

На первый взгляд, многообразие недревесных продуктов леса создает значительные трудности при построении логической модели многопрофильного лесопользования, однако все это многообразие может быть сведено к нескольким наиболее распространенным вариантам, которые могут служить предметом теоретических обобщений.

Одним из основных аспектов организации многоцелевого лесопользования является создание справочно-нормативной базы для комплексной оценки различных лесных ресурсов. Комплекс таксационных таблиц должен включать, как минимум, следующие таблицы: объемные, сортиментные, товарные, объемов хлыстов, объемов лесоматериалов круглых, таксации маломерной древесины, оценки ягодников и лекарственно-технического сырья.

Если первая часть нормативов достаточно полно характеризует древостой Красноярского края, хотя и требует определенной текущей переработки в связи с изменяющимися требованиями государственных стандартов, то таблицы для оценки недревесных полезностей леса не представляют собой единого комплекса. Нормативы, приводимые в

«Методике выявления дикорастущих сырьевых ресурсов при лесоустройстве» [1], и местные шкалы оценки урожайности ягодников для края не всегда соответствуют требованиям, так как не обеспечивают единого системного подхода. Часто нормативы представляют собой шкалы возможной средней урожайности какого-то пищевого растения для определенного региона и конкретных условий местопроизрастания.

Хотя эти шкалы и позволяют прогнозировать средний урожай только по данным инвентаризации лесного фонда, применение их при краткосрочном прогнозировании не выдерживает никакой критики. Заведомо ясно, что урожайность дикорастущих ягодников зависит, в первую очередь, от гидротермических условий текущего вегетационного периода, а их влияние в шкалах урожайности не учитывается. Применение таких нормативов возможно при ориентировочном долгосрочном планировании заготовок на значительных лесных территориях.

Наиболее целесообразным для многопрофильных предприятий представляется использование таблиц, построенных по методике [3], предполагающей определение урожайности текущего года в несколько этапов.

Таким же важным аспектом многоцелевого лесопользования, как и создание нормативной базы, является определение и построение системы условий, обеспечивающих непрерывное пользование комплексом лесных ресурсов.

В пределах Красноярского края (без Эвенкии и Хакасии) государственный лесной фонд занимает площадь 70,6 млн га, из них лесов первой группы – 27,7, третьей – 71,6 %. В наиболее ценных лесах первой группы площадь лесов, выполняющих санитарно-гигиенические и оздоровительные функции, не превышает 0,5 %, это в основном леса зеленых зон вокруг городов края. Водоохранные леса (7,4 % общей площади) представлены запретными полосами в северных районах вдоль нерестовых (6,4 %) и других рек, вокруг озер (1 %). Лесов, выполняющих защитные функции, выделено лишь 0,9 % (в том числе противозонозного назначения – 0,5, ленточных боров – 0,3, защитных полос вдоль автомобильных и железных дорог – 0,1 %). Преобладают по площади леса специального целевого назначения – 19 % общей площади лесов края (в том числе притундровые – 15, субальпийские – 0,2, орехопромысловые зоны – 3,8 %).

При организации хозяйства необходимо руководствоваться разделением лесов разного целевого назначения в пространстве и для каждой категории определять ограничения на различные виды лесохозяйственной деятельности.

Однако леса каждой категории выполняют несколько полезных и защитных функций, в том числе кроме перечисленных выше, что должно найти отражение в проектировании хозяйственных мероприятий.

Леса зеленых зон выделены на основании критериев, установленных свыше 40 лет назад и не отвечающих современному положению. В настоящее время зоны отдыха на природе, связанного летом со сбо-

ром ягод и грибов, располагаются по маршрутам движения электропоездов на 100...150 км от крупных городов (и на 20...30 км в стороны от них).

На юге зеленая зона занимает небольшую площадь ленточных боров около г. Минусинска. Фактически же рекреационным лесопользованием охвачены не только все площади ленточных боров, но и отроги Западного Саяна вплоть до среднегорий, вдоль железной дороги Абакан – Тайшет и автомобильных дорог в Курагинском и Каратузском районах. Таким образом, при ведении хозяйства в лесах зеленых зон в ленточных борах необходимо учитывать ограничения, связанные с почвозащитной ролью насаждений на песчаных почвах, и особенности лесовозобновления в мертвопокровных сосняках на южных склонах дюн, где возможны лишь выборочные или постепенные рубки.

Наиболее крупная зеленая зона выделена вокруг Красноярска (свыше 200 тыс.га), преимущественно в горах Восточного Саяна. В имеющейся лесопарковой части отсутствует функциональное зонирование, следовательно, не проводятся планировка и реконструкция насаждений. Поэтому зеленая зона по своему состоянию не отличается от лесохозяйственной хозчасти.

Повышенная плата за древесину, малые объемы рубок, преобладание лиственных пород в спелых и перестойных древостоях приводят к тому, что лесовосстановительные рубки в зеленой зоне не проводятся. В случае их выполнения, как и на юге края, следует оценивать противоэрозионную роль каждого выдела и намечать выборочные рубки.

Очень важны кислородопroduцирующая и фитонцидная способности лесов зеленых зон, находящихся в непосредственной близости от крупных городов с высокой степенью загрязнения воздушного бассейна. Как известно, эти способности непосредственно связаны с интенсивностью физиологических процессов в древостоях или текущим приростом древесины. С этой точки зрения необходимо омоложение лесов зеленых зон.

В лесах зеленой зоны заготовка грибов, ягод, лекарственно-технического сырья в промышленных масштабах невозможна как из-за постоянного сбора грибов и ягод населением, так и опасности вызвать обеднение видового состава лесной растительности.

Водоохранные леса выделены в основном в последнее десятилетие из притундровых, поскольку большинство нерестовых рек расположено на севере края. В них запрещены рубки главного и промежуточного пользования, а санитарные затруднены как из-за труднодоступности, так и низкой полноты древостоев. В связи с малой площадью этих лесов их роль в обеспечении продуктами пользования невелика.

Леса, выполняющие защитные функции, также занимают большую площадь. Ограничение главного пользования вполне оправдано, но в зависимости от характера насаждений могут быть запроектированы выборочные или постепенные рубки. Рубки ухода вряд ли целесообразны в лесах противоэрозионного назначения, но необходимы в ленточных борах и защитных полосах вдоль железных и автомо-

бильных дорог. Рост площади лесов последней категории обязателен. Побочные пользования в лесах и этих категорий не могут иметь заметных объемов.

Для лесов специального целевого назначения можно считать достаточно обоснованным выделение только субальпийских лесов и запрет пользования ими.

Границы орехово-промысловых зон, выделенных около 30 лет назад, устанавливали после включения лучших кедровников в лесосырьевые базы лесозаготовительных предприятий. Видимо, поэтому до сих пор нет достаточно проработанных предложений по организации в них хозяйств. В то же время высокое водоохранное значение кедровых лесов позволяет мириться с их слабым использованием как источников сырья. Экстенсивная эксплуатация кедровников (охотничий промысел, сбор орехов и ягод) ведется на всей территории их распространения.

В притундровых лесах лишь 2,0 % составляет покрытая и 3,1% – не покрытая лесом площадь (редины и гари). Таким образом, 2/3 притундровых лесов – это нелесные земли, и от их включения в эту категорию создается ложное впечатление о внимании к климаторегулирующим функциям северных лесов. Запрет рубок здесь формальный, поскольку местное население как рубило эти леса на топливо, так и рубит (от 50 до 100 тыс.м³ в год). Если учесть площадь притундровых лесов, где возможна эксплуатация (327 тыс. га), то при обороте рубки в 160 лет их должно хватить для удовлетворения указанной потребности.

Леса второй группы занимают менее 0,5 млн га, что явно недостаточно для удовлетворения местных потребностей более чем полумиллионного населения сельских районов края. Имеется значительное количество лесхозов с истощенными лесными ресурсами, но побочные пользования невозможны из-за активного сбора ягод и грибов местным населением.

И только в лесах третьей группы можно планировать и территориальное разграничение различных видов лесопользования, и объединение их на некоторых объектах. Так, в лесах Восточного Саяна, который пересекается железнодорожной магистралью Абакан – Тайшет, возможно сочетание горного туризма как отрасли рекреационного лесопользования и экстенсивного освоения кедровников (охота, сбор орехов, ягод, грибов и лекарственно-технического сырья). Для самостоятельных туристов проложены маршруты к белогорьям и красивейшим озерам края – Агульскому, Медвежьему и другим, расположенным в необжитых районах, со сплавом по рекам Агул, Кан, Мана. Некоторые из них относятся к высшим категориям сложности. В осенне-зимний период по этим же маршрутам идут в тайгу сборщики ягод и орехов, охотники.

Наличие ряда массовых лекарственных видов позволяет наладить их заготовку и использование в этих районах. Определение интенсивности сбора не более 50 % общего количества растений дает возможность восстановиться запасам сырья в течение 2...5 лет

(восстановление бадана идет медленнее, но и запасы его сырья очень большие).

Из сказанного следует, что в лесах первой и второй групп ограничения главного пользования в большинстве случаев не вызываются необходимостью, но в то же время лучше применять выборочные и постепенные рубки. Побочные пользования в этих лесах не могут осуществляться или вследствие отдаленности, или из-за освоения местным населением.

В лесах третьей группы возможно объединение рекреационного и побочного пользований, а также лесозэксплуатации и побочного пользования.

Экологические требования к отдельным элементам комплекса лесных ресурсов сводятся в конечном счете к тому, чтобы их использование приносило минимальный ущерб лесным экосистемам и природным ландшафтам в целом. Экономические же требования заключаются в самокупаемости и формировании прибыли на уровне других отраслей народного хозяйства.

Однако учитываются не все экологические последствия лесопользования и только части лесных ресурсов дается полная экономическая оценка. Поэтому в большинстве стран мира государство берет на себя функцию перераспределения доходов, и лесная отрасль получает дотации.

Если бы экономические расчеты охватывали весь цикл лесовыращивания, то соотношение мировых цен и пропорций между отдельными отраслями было бы иным. Ярким примером этого является факт снижения продуктивности вторичных лесов, возникших на вырубках. В результате разрыва как большого, так и малого круговорота веществ в лесных экосистемах при исключении из них значительного запаса веществ, удаляемых с заготовленной древесиной, продуктивность вторичных лесов в Африке снизилась на 15...20 %. В США вторичные леса (как менее продуктивные) подлежат отдельному учету и таксируются по специальным таблицам. В нашей стране также отмечаются факты снижения продуктивности вторичных лесов, несколько компенсируемые улучшением условий роста леса при потеплении и повышении влажности климата, связанными с возрастанием содержания в атмосфере углекислого газа. Но общее обеднение местообитаний платой за древесину ни в коей мере не компенсируется.

Не находят эквивалентной оценки защитные функции лесов охранных зон целебных источников и курортов, а также водоохранные. Так, работа гидроэлектростанций зависит от лесистости водосборных площадей, окружающих водохранилища. И в этом случае нет стимулов для сохранения лесов.

Не меняются до сих пор пропорции между стоимостью древесного сырья и пищевых ресурсов леса в нашей стране и за рубежом. В последние годы стоимость перевозки продуктов леса по железной дороге из Сибири до западных и восточных портов новышает себестоимость

продукции в 5-6 раз, что делает продукцию лесной отрасли Красноярского края неконкурентоспособной.

Методологические основы организации и размещения объектов многоцелевого лесопользования можно свести к следующему. Объекты выбирают на основе оценки лесных ресурсов по выделам и проверки возможности объединения их в замкнутые контуры. Затем совмещают границы замкнутых контуров и водосборных бассейнов отдельных речек и ручьев и проверяют на оптимальность протяженность транспортных путей внутри контуров, а от них – до рынков сбыта, увязывая существующую сеть дорог или водных путей.

На оптимальность проверяется и объем имеющихся ресурсов, который должен обеспечить постоянство пользования по объекту и одновременное их восстановление.

Хозяйственные части устанавливают после группировки выделов по возможным хозяйственным секциям, полученным в результате объединения участков со сходными полезными свойствами. Таким образом, метод классов возраста вполне применим и в этом случае, когда признается разнообразие полезностей за одним выделом.

При организации рационального пользования древесиной, исходя из приоритетов рыночного хозяйства, расчет физических размеров ежегодной рубки целесообразно дополнить стоимостными оценками, что позволит выровнять доходность хозяйства по годам. Это можно отнести и к побочному пользованию, исключая дикорастущие ягодники, для которых характерны колебания урожайности по годам. Нецелесообразно определять объем заготовок по биологическому урожаю ягодников, потому что их доступность очень сильно влияет на фактический сбор, причем она также изменяется по годам в зависимости от состояния грунтовых дорог и рек (в дождливые периоды она значительно ниже).

В качестве основной придержки при организации комплексного хозяйства может служить территориальное размещение достаточно больших площадей, удовлетворяющих требованиям получения различной продукции; наиболее надежный метод оценки – непрерывная инвентаризация лесов с применением материалов крупномасштабной аэрофотосъемки.

В настоящее время территорию Красноярского края по характеру освоения лесных ресурсов можно разделить на четыре зоны:

истощенных лесосырьевых баз, где запасы спелой древесины хозяйственно ценных пород невелики и дальнейшее лесопользование должно быть подчинено сохранению оптимальной лесистости территории путем ограничения рубок и повышения интенсивности лесохозяйственного производства;

стабилизированного лесопользования, где на ближайшую перспективу увеличение объема лесозаготовок затруднено;

развивающегося лесопользования, где в ближайшие 15...20 лет возможно значительное развитие лесозаготовок;

будущего освоения, где промышленные заготовки реальны лишь за пределами 2015 г.

К первой зоне следует отнести центральную часть края, значительную часть Красноярского Приангарья, отдельные районы горных лесов на юге края. В некоторых частях этой зоны ситуацию в лесопользовании можно считать критической: лесосырьевые базы крайне истощены, хищнические, без соблюдения элементарных технологических требований, лесозаготовки прошлых лет привели к нежелательному ходу лесовосстановительных процессов, задернению или заболачиванию мест рубок.

Лесные массивы, относящиеся ко второй и третьей зонам, находятся или в ближайшее время (при условии стабилизации экономической ситуации) будут вовлечены в интенсивную эксплуатацию.

Четвертая зона представлена лесными массивами, расположенными в практически неосвоенных районах, с неразвитыми транспортными путями. Значительная часть этих массивов граничит с притундровыми лесами, выполняющими важные защитные функции на легко ранимых мерзлотных почвах. Неосвоенные, испытывающие незначительное антропогенное влияние леса четвертой зоны, как правило, изобилуют различными видами пищевых, лекарственных и технических растений, заготовка которых часто бывает экономически нецелесообразной вследствие значительных затрат на транспортировку.

В то же время главное пользование лесом, сопряженное со строительством дорог, резко увеличивает посещаемость лесных массивов и влечет за собой резкое снижение запасов пищевых и лекарственных растений.

Выбор районов, наиболее перспективных для организации многопрофильных лесохозяйственных мероприятий, базируется на принципах оптимизации массы природных и экономических факторов, основные из которых перечислены выше.

В заключение отметим, что в ходе становления рыночных отношений, появления в лесу арендных, а, возможно, в скором будущем и частных хозяйств, вопрос многоцелевого пользования лесными ресурсами приобретает особую остроту и значимость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Методика выявления дикорастущих сырьевых ресурсов при лесоустройстве. - М., 1987. - 52 с. [2]. Положий А.В., Сахарова А.И., Свиридонов Т.М. Ресурсы растительного лекарственного сырья в горных районах Южной Сибири и перспективы их использования // Растит. ресурсы. - 1983. - Вып. 3, т. 9. - С. 289 - 295. [3]. Шевелев С.Л., Шевелева Г.А. Методика полевых исследований при таксации ресурсов и изучении особенностей развития дикорастущих пищевых и лекарственных растений. - Красноярск: КГТА, 1991. - 36 с.

Поступила 11 июня 1996 г.

УДК 630*18:504.064.36(582.29)

К.С. БОБКОВА, Ю.А. ПАУТОВ, Н.А. ТЕРЕЩУК

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Бобкова Капиталина Степановна родилась в 1939 г., окончила в 1962 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Отдела лесобиологических проблем Севера Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Имеет 90 научных работ в области лесной экологии, изучения продуктивности таёжных лесов и биологического круговорота азота и зольных элементов.



Паутов Юрий Анатольевич родился в 1955 г., окончил в 1977 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Отдела лесобиологических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН. Имеет 50 научных трудов в области искусственного и естественного лесовосстановления, лесной экологии, воздействия антропогенных факторов на таежные экосистемы.



Терещук Нелли Анатольевна родилась в 1969 г., окончила в 1993 г. Сыктывкарский государственный университет, аспирант Отдела лесобиологических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН. Имеет 3 работы в области лесной экологии и лишеноиндикации антропогенных нарушений таежных экосистем.



СОСТОЯНИЕ ЛЕСОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ СЫКТЫВКАРСКОГО ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Приведена характеристика лесов в зоне влияния крупного лесопромышленного комплекса. Показаны закономерности в распространении эпифитных лишайников.

The characteristics of the forests in the range of influence of the large timber industrial complex has been presented. The regularities in the distribution of epiphyte lichens are revealed.

На северо-востоке европейской части России лесные массивы имеют важное экономическое, экологическое и средоохранительное значение. В настоящее время леса этого региона интенсивно осваиваются. Возрастает негативное влияние промышленных выбросов на древесные растения. Сильные антропогенные преобразования естественных лесных экосистем на данной территории ставят задачу достоверного экологического прогнозирования последствий их воздействия.

Такой прогноз требует проведения экологического мониторинга, изучения изменений продуктивности лесных сообществ. В связи с этим с 1993 г. в Отделе лесобиологических проблем Севера Института биологии Коми НЦ УрО РАН проводятся в рамках программы «Российский лес» комплексные исследования за изменением хода роста, устойчивости, санитарного состояния лесов в зоне влияния выбросов промышленных предприятий Сыктывкара.

Наиболее сильному антропогенному воздействию подвергаются леса, окружающие Сыктывкар кольцом шириной до 50 км. Суммарные техногенные выбросы стационарных источников и автотранспорта в Сыктывкаре составляют 90 тыс. т в год. Основной вклад в суммарный выброс токсикантов вносит Сыктывкарский лесопромышленный комплекс (СЛПК) – до 71 %. Наибольшую опасность для лесной растительности представляют оксиды азота, сернистый ангидрид, неорганическая пыль (в основном сульфат натрия).

Цель данной работы – изучение состояния лесов в районе действия СЛПК. Для этого нами были проведены маршрутные исследования в разных направлениях от основного источника загрязнения. Были составлены описания древостоя и растений нижних ярусов на 39 постоянных и временных пробных площадях, заложенных преимущественно в сосняках лишайниковых и черничных типов, ельниках черничных, удаленных на расстояние от 1 до 50 км. При описании использованы классические методы лесной таксации и геоботаники. Продолжительность жизни хвои определяли в сосняках черничных на основании анализа модельных деревьев согласно методике А.И. Уткина [7]. В качестве биоиндикаторов загрязненности воздуха были выбраны эпифитные лишайники, поскольку именно их поражения выявляют начальные стадии нарушения экосистем [3]. На каждой пробной площадке отбирали

по 10 учетных деревьев, у которых на высоте 1,5 м в квадрате 20×20 см определяли видовой состав эпифитных лишайников, проективное покрытие общее и каждого вида, особенности распространения видов в синузиях, состояние талломов [4, 8]. Всего было сделано 170 описаний на учетных площадках.

Сыктывкарский промузел находится в средней подзоне европейской тайги на территории Вычегодско-Сысольской равнины, которая имеет однообразную полого-увалистую поверхность, слабо наклоненную к долинам р. Вычегды и Сысолы. В районе распространены почвы подзолистого, болотно-подзолистого (верховой и низинный) и пойменного типов. Лесистость территории 74,3 %. Произрастающие лесные насаждения умеренно производительны, для них характерно незначительное видовое разнообразие (табл. 1).

Как следует из таблицы, в лесном фонде Сыктывкарского промузла преобладают насаждения сосны и ели. В последние годы возросли площади с господством березы и осины, формирующие вторичные леса на вырубках. Средний класс бонитета III, 9 в целом отражает производительность условий произрастания и биоклиматический потенциал территории.

Возрастная структура лесов характеризуется неравномерным распределением их по классам возраста. В сосняках преобладают молодые и средневозрастные древостои I–IV классов возраста. В ельниках распределение более равномерное, но основная площадь еловых лесов представлена спелыми и перестойными насаждениями. Среди лиственных доминируют средневозрастные и молодые древостои, что указывает на активный и длительный процесс смены хвойных пород березой, осиной и ольхой на вырубках и интенсивную эксплуатацию лесов промузла в прошлом и в настоящее время.

В лесном фонде среднеполнотные насаждения (0,5...0,7) занимают 72 % лесопокрытой площади. Наибольшие площади низкополнотных насаждений имеются в сосняках (51) и ельниках (43 %). Это объясняется наличием низкобонитетных насаждений сфагновой группы типов леса. Из общей площади низкополнотных сосновых и еловых насаждений основная доля (соответственно 77 и 84 %) приходится на спелые и перестойные древостои.

Таблица 1

Преобладающая порода	Занимаемая площадь, %	Средний класс бонитета	Средняя полнота	Средний возраст, лет
Сосна	41,8	IV	0,67	72
Ель	35,3	IV,2	0,62	116
Лиственница	-	III,6	0,90	14
Кедр	0,2	III,6	0,94	10
Береза	18,1	III,3	0,72	36
Осина	4,6	II,6	0,73	39
Ольха серая	-	III,3	0,47	27
Итого	100	III,9	0,66	-

Таблица 2

Расстояние от места выброса, км	Концентрация, мг/м ³	
	сернистого ангидрида* (максимальная по графику рассеивания)	пыли неорганиче- ской (максимальная разовая)
1,5	0,25	0,40
6	0,12	0,15
8	0,10	0,10
10	0,08	0,07
12	0,05	0,06
15	0,04	0,02
18	0,03	0,015
20	0,02	0,012

* Средняя многолетняя ПДК = 0,02 мг/м² [1].

Реакция лесной растительности на аэротехногенные загрязнения может изменяться от частичного угнетения, снижения интенсивности фотосинтеза и прироста до полного прекращения роста и усыхания [1, 2, 5, 6 и др.]. Расчет рассеивания выбросов сернистого ангидрида и неорганической пыли от СЛПК, произведенный в Гипробуме, показал, что максимальная концентрация этих ингредиентов может быть выше предельно допустимых норм на расстоянии до 18 км, причем в радиусе 10 км превышение составляет до 4 ПДК по сернистому ангидриду и 3 ПДК по неорганической пыли (табл. 2).

Судя по приведенным данным, постоянному техногенному воздействию подвержены лесные массивы в радиусе до 15 км от СЛПК. Признаков массового усыхания хвойных древостоев от аэротехногенного загрязнения в ходе рекогносцировочного обследования не отмечено. В радиусе до 5 км наблюдается суховершинность отдельных деревьев сосны, на расстоянии до 12 км – уменьшение продолжительности жизни хвои.

Наибольшую аэротехногенную нагрузку с учетом розы ветров испытывают насаждения, расположенные в восточном и северо-восточном направлениях от СЛПК. Здесь наблюдается усыхание отдельных деревьев и небольших участков сосновых молодняков лишайникового типа. По данным лесоустройства, общая площадь усыхающих сосняков составляет 1,5 тыс. га. Причины усыхания установить однозначно в ходе обследования не удалось, однако не вызывает сомнения, что снижение устойчивости сосны вызвано в первую очередь аэротехногенным воздействием. Об этом свидетельствует уменьшение охвоенности побегов, некроз кончиков хвои на вершинах деревьев, сокращение продолжительности жизни хвои, угнетение лишайникового покрова на деревьях в насаждениях сосны и т.д.

Так, в общей массе хвои у сосны в 70-летнем сосняке черничном, расположенном вне зоны действия СЛПК, в 30 км к северо-востоку от него, преобладает хвоя первых четырех лет жизни; у

Таблица 3

Удаление от СЛПК, км	Часть кроны	Распределение, %, массы хвои возраста, лет							
		1	2	3	4	5	6	7	8
30	Верхняя	25,7	30,3	17,6	16,8	6,7	2,4	0,5	-
	Средняя	18,5	20,1	21,4	17,5	12,0	8,7	1,5	0,3
	Нижняя	12,8	13,6	18,3	22,5	16,4	13,0	2,1	1,3
5	Верхняя	28,1	29,6	21,5	14,8	6,0	Ед.	-	-
	Средняя	22,4	29,1	22,1	16,4	9,2	0,8	-	-
	Нижняя	22,1	25,4	24,4	17,3	9,6	1,2	Ед.	-

сосны с пятого года жизни начинается интенсивный опад (табл. 3). В сосняке того же типа, находящемся в зоне влияния выбросов СЛПК на расстоянии 5 км к северо-востоку от него, в общей массе у сосны доминирует хвоя первых трех лет. Интенсивный опад начинается с четвертого года жизни.

Сравнение эпифитной лишенофлоры различных пунктов исследуемого района показало, что вокруг промышленного центра наблюдается обеднение видового состава лишайников. По мере удаления от источника загрязнения число их видов увеличивается от нуля в наиболее загрязненных зонах до 15 в периферийных. В лесном массиве, непосредственно примыкающем к СЛПК, эпифитные лишайники практически не обнаружены.

По мере удаления от промышленных узлов первыми в еще сильно загрязненной среде появляются наиболее толерантные накипные лишайники: *Scoliciosporum chlorococcum* (Grawe ex. Stenh.), *Lecanora pulicaris* (Pers.) Ach., *Lepraria incana* (L.) Ach., *Mycoblastus sanguinarius* (L.) Norman и др. При дальнейшем увеличении расстояния от источников загрязнения постепенно появляются и листоватые формы лишайников. Сначала это небольшие участки талломов, часто внешне морфологически видоизмененные, меньших размеров и с темными некротическими пятнами на поверхности. Местами они чередуются с так называемыми «лишайниковыми цветными пятнами», возникшими на месте талломов отмерших лишайников.

С увеличением расстояния и уменьшением загрязненности воздуха постепенно появляются отдельные талломы видов *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Parmelia sulcata* Taylor, *Physcia stellaris* (L.) Nyl. Наибольшее число видов зарегистрировано на учетных площадках в относительно чистых лесных сообществах при удалении их на 30 км и более. Видовое разнообразие здесь увеличивается за счет кустистых форм лишайников, которые наиболее чувствительны к загрязнению. В то же время в списке отсутствуют многие высокотолерантные виды накипных лишайников, такие как *Scoliciosporum chlorococcum* (Grawe ex. Stenh.), некоторые виды родов *Lecanora* и *Lepraria*, более характерные для зон промышленного загрязнения.

Ряд кустистых лишайников является редким для исследуемого района. Так, *Usnea filipendula* Stir. была обнаружена только на одной из

19 обследованных площадок, *Bryoria fuscescens* (Gyeln.) Brodo & D. Hawksw. и *Usnea glabrescens* (Nyl. Ex Vain.) – на двух, *U. hirta* Web. in Wigg. – на трех.

Сопоставление границ лишеноиндикационных зон с расчетными границами рассеивания пылегазовых выбросов от СЛПК показало их удовлетворительную совместимость в направлении преобладающих северо-западных и западных ветров и меньшее соответствие для других направлений розы ветров. Это свидетельствует о надежности и доступности метода лишеноиндикационного картирования для организации сети локального и регионального мониторинга природной среды при постоянном, но относительно слабом, «размытом» техногенном воздействии, характерном для большинства промышленных центров Европейского Севера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Влияние загрязнений воздуха на растительность / Под ред. Даслера. - М., 1981. - 181 с. [2]. Крючков В.В. Закономерности изменения экосистем Севера при его хозяйственном освоении // Экология. - 1983. - № 6. - С. 65 - 67. [3]. Крючков В.В., Макарова Т.Д. Аэротехногенное воздействие на экосистемы Кольского Севера. - Апатиты, 1989. - 96 с. [4] Лесные системы и атмосферное загрязнение / Под ред. В.А. Алексеева. - Л.: Наука, 1990. - 200 с. [5]. Солдатенкова Ю.П. Малый практикум по ботанике. Лишайники. - М., 1977. - 124 с. [6]. Техногенное загрязнение лесных экосистем Белоруссии / Е.Г. Бусько, Е.А. Сидорович, Ж.А. Рупасова и др. - Минск: Наука и техника, 1995. - 120 с. [7]. Уткин А.И. Биологическая продуктивность лесов // Лесоведение и лесоводство. - М., 1975. - Т. 1. - С. 9 - 190. [8]. Шапиро Н.А. Загадки растения-сфинкса (лишайники и экологический мониторинг). - Л.: Наука, 1991. - 80 с.

Поступила 17 июля 1996 г.

УДК 504.054:595.78

А.В. СЕЛИХОВКИН

С.-Петербургская лесотехническая академия



Селиховкин Андрей Витимович родился в 1955 г., окончил в 1978 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор биологических наук, заведующий кафедрой зоологии и охотоведения С.-Петербургской лесотехнической академии. Имеет 73 печатные работы в области изучения особенностей развития отдельных видов, исследования воздействия на насекомых природных и антропогенных факторов.

ОТРАВЛЯЮЩЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ВОЗДУХА НА ДЕНДРОФИЛЬНЫХ МИКРОЧЕШУЕКРЫЛЫХ НА ОРГАНИЗМЕННОМ УРОВНЕ

Изложены результаты экспериментов по изучению воздействия сернистых и фтористых соединений на развитие микрочешуекрылых. Проанализированы результаты опытов по исследованию адаптаций и аккомодаций к отравляющему воздействию этих веществ.

The experimental results of studies into sulfurous and fluorides compounds on the growth of microlepidopterous have been presented. The results of the experiments on investigations into adaptations and accomodations to contaminating effect of those substances have been analysed.

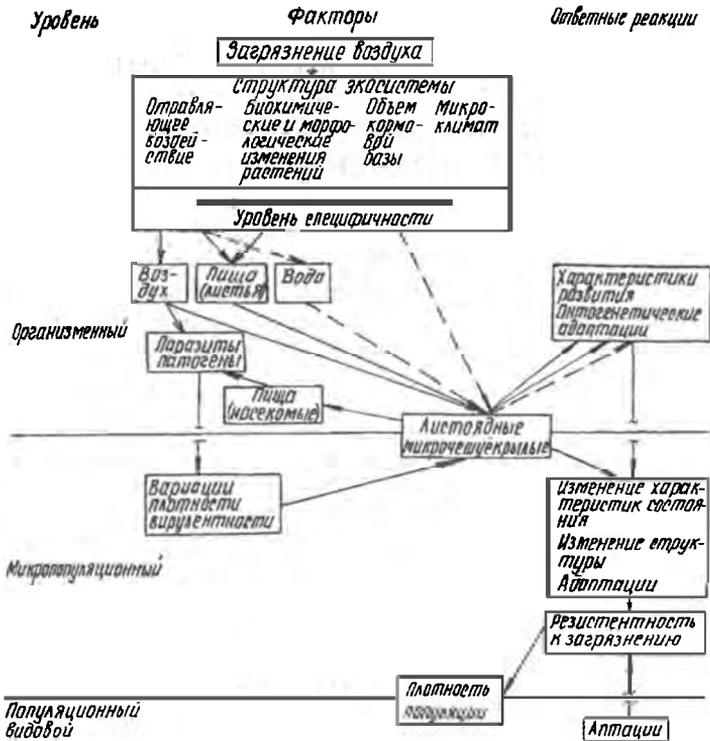
Основные факторы, влияющие на плотность популяций насекомых в условиях интенсивного промышленного загрязнения воздуха, существенно отличаются от таковых в незагрязненных или слабозагрязненных экосистемах. Распределение таких факторов представлено в виде общей схемы (см. рисунок).

Наибольшей специфичностью обладает отравляющее воздействие загрязняющих веществ, а затем сумма возникающих биохимических и морфологических изменений растений. Отравляющее воздействие может проявляться через различные среды, прежде всего воздух и пищу (в данном случае листья растений). В нашей работе приведены данные экспериментального анализа такого воздействия на организменном уровне и сделана попытка разделить непосредственное и опосредованное через изменение состояния растений отравляющее воздействие аэрополлютантов (сернистые и фтористые соединения).

Реакции разных видов и групп насекомых на воздействие сернистого загрязнения очень различны, но в целом концентрации порядка $0,5 \text{ мг/м}^3$ оказывают отрицательное воздействие на развитие большинства видов [3, 4, 8].

Однако без дополнительных опытов трудно провести аналогию между микрочешуекрылыми, особенно минирующими, и другими группами насекомых, реакции которых более или менее известны.

Эксперименты по выкармливанию гусениц тополевой листовертки (*Gypsonoma minutana* Gbn.) и осиновой проворной моли (*Anacampsis populella* Cl.) листьями, загрязненными сернистыми соединениями, показали, что оба вида листоверток весьма устойчивы к воздействию аэрополлютантов [9]. Сернистый ангидрид оказывает значимое отрицательное воздействие при среднегодовой массовой концентрации в воздухе более $0,06 \text{ мг/м}^3$. Фтор приводит к резкому ухудшению



Воздействие загрязняющих веществ на листоядных микрожукикрылых

показателей развития гусениц, накапливаясь в листьях до $(20...40) \cdot 10^{-5}$ долей сухого вещества. Это происходит при среднегодовой массовой концентрации фтористого водорода более $0,005 \text{ мг/м}^3$, превышающей предельно допустимую для человека. Эти концентрации существенно выше полученных для открытоживущих чешуекрылых-филлофагов [8, 9].

В июне 1993 г. в Мурманской области (Кировский район) был поставлен эксперимент по фумигации гусениц беззубой моли (*Eriocrania setipurpurella* Steph.), развивающихся на листьях березы. На площадке с естественным возобновлением березы было подобрано 28 деревьев с минами, в которых находились гусеницы 1-го возраста. Исходное число мин – 178. Вокруг деревьев были размещены 20 фумигационных камер, в 16 из них вводили двуокись серы, 4 были контрольными. Концентрация на выходе дозатора зависела от температуры воздуха и варьировала от 0,1 (при температуре ниже 10°C) до 2,5 (при 25°C). Средние значения массовой концентрации составляли соответственно 0,2; 0,8 и $1,5 \text{ мг/м}^3$ в различных вариантах и задавались с помощью дозаторов. Трижды в течение суток воздух внутри камеры перемешивали вентиляторами (скорость потока воздуха $1,6...2,1 \text{ м/с}$ при диаметре потока 85 мм) и измеряли температуру и влажность. Это дало воз-

возможность рассчитать концентрации и сопоставить условия внутри камер и с условиями внешней среды. Исследования показали, что дисперсия температур внутри камер во всех вариантах с различными концентрациями газа была практически одинаковой. Температура и влажность наружной среды были существенно ниже. В течение всего периода фумигации эти показатели в камерах не выходили за пределы возможных в естественных условиях (максимальная температура 28 °С, влажность 70...100 %). Фумигацию проводили в течение семи суток, за это время большинство гусениц развилось от конца первого – начала второго возраста до момента выхода из мин.

Значимое увеличение смертности (в 3,5 раза) наблюдалось только при максимальной массовой концентрации двуокиси серы 1,5 мг/м³ (табл. 1). Пять из семи гусениц погибли в период линьки из первого возраста во второй или из второго в третий [6, 8]. Это дает основание считать, что увеличение смертности при массовой концентрации 1,5 мг/м³ обусловлено именно непосредственным действием газа.

Двуокись серы поступает в мину как непосредственно через погибшие или живые устьяца, так и в виде диссоциированных растворов сульфитов и сульфатов [2, 5]. Возможно, при максимальной концентрации газа поврежденный сернистыми соединениями эпидермис листа становится более проницаемым и не обеспечивает достаточной защиты гусениц от сернистых соединений. Существенного повышения смертности в естественных условиях можно ожидать уже при значениях массовой концентрации 0,9...1,1 мг/м³ газа в воздухе.

Итак, сернистое загрязнение в целом оказывает отрицательное воздействие на развитие гусениц микрочешуекрылых, минирующих, сцепляющих или сворачивающих листья. Однако эта группа оказалась более устойчивой к воздействию двуокиси серы, чем большинство других групп насекомых-дендрофагов, исключая жуков [4, 8, 12]. Повышенная устойчивость связана со скрытым образом жизни гусениц как относительной защитой от прямого действия сернистого ангидрида.

Влияние фтора на микрочешуекрылых на организменном уровне практически не исследовано. Имеются данные о накоплении фтора в погибших особях рыжего побеговьюна *Rhyacionia buoliana* Den. et Shiff. (*Tortricidae*) в непосредственной близости к источнику

Таблица 1

Массовая концентрация, мг/м ³	Число гусениц в эксперименте, экз.	Число погибших гусениц	
		экз.	%
1,5	44	7*	15,9*
0,8	46	2	4,3
0,2	46	2	4,3
0	42	2	4,8

* Данное значение существенно отличается от всех прочих при $P = 0,90$.

фтористого загрязнения, из которых следует, что гусеницы могут содержать $4,65 \cdot 10^{-3}$, имаго – 1,36, куколки – 1,53...1,92 (куколичная шкурка – 0,91...0,99), а эндопаразиты гусениц – $(0,68...0,98) \cdot 10^{-3}$ мг фтора на 1 г сухого вещества [15]. Накопление происходит в основном в процессе питания гусениц.

В 1990 и 1991 гг. в Братском районе были поставлены эксперименты по выкармливанию гусениц осиновой проворной моли листьями, загрязненными фтором [9, 10] с последующим анализом его содержания в листьях, гусеницах и экскрементах.

Процент погибших особей повышался по мере возрастания уровня загрязнения. Характерно и увеличение доли бабочек с выраженными уродствами. Наблюдалось также удлинение периода развития гусениц. Дисперсия этого показателя была очень большой, и достоверное увеличение периода развития гусениц (на 1,6 сут) наблюдалось только в варианте с использованием корма из зоны с наибольшим содержанием фтора. Удлинение сроков развития при действии фтора через пищу наблюдалось и в других экспериментах на непарном шелкопряде и сосновом коконопряде, но утяжеления куколок при этом не отмечалось [7, 8]. Возможно, такое явление связано с тем, что под действием загрязнения в растениях образуются соединения, ингибирующие образование гормонов линьки.

Анализ содержания фтора в гусеницах осиновой проворной моли, листьях, которыми они питались, и в экскрементах был проведен как в ходе описанного эксперимента, так и на материале, отобранном на участках с различным уровнем загрязнения (табл. 2). Концентрацию фтора определяли ионо-селективным методом [1, 11]. По мере увеличения содержания фтора в листьях происходило накопление его в гусеницах, возрастала смертность и продолжительность развития гусениц и куколок, процент бабочек с выраженными уродствами. Резко ухудшались показатели развития гусениц, не адаптированных к воздействию фтористых соединений (в зоне с относительно низким уровнем загрязнения), при питании сильно загрязненными листьями (более $(30...40) \cdot 10^{-5}$ мг фтора на 1 г сухого вещества). При этом резко возрастало и накопление фтора в гусеницах (табл. 2). Следовательно, можно предполагать, что существующие у этого вида механизмы выведения фтора обеспечивают более или менее эффективную защиту гусениц от отравляющего воздействия фторсодержащих веществ при массовой концентрации, не превышающей $30 \cdot 10^{-5}$ мг на 1 г сухого вещества. При более высоком содержании фтора в листьях существующих механизмов экскреции недостаточно, чтобы вывести его избыток, и в организм гусениц начинают поступать такие метаболиты фтора, которые либо сами, либо в преобразованном виде переходят в следующую онтогенетическую стадию и приводят к резкому увеличению смертности куколок. Концентрация фтора, приводящая к резкому ухудшению показателей развития у осиновой проворной моли, примерно в 5 раз больше, чем у непарного шелкопряда [11].

Таблица 2

Содержание фтора, $1 \cdot 10^{-5}$ долей сухого вещества				
в листьях в начале и конце развития гусениц	в гусеницах из зоны со средним уровнем загрязнения, питав- шихся листьями с различным уровнем загрязнения		в гусеницах из различных зон загрязнения, питав- шихся в естественных условиях	
	Гусеницы	Экскременты	Гусеницы	Экскременты
8,0...82,5	55,0	53,5	42,0	84,0
15,0...46,4	39,0	46,0	34,3	46,0
12,1...38,7	32,6	43,4	32,6	43,4
6,6...25,0	26,0	40,0	26,0	40,0
4,1...4,8	-	-	7,4	9,6

Примечание. Различия между всеми вариантами значимы при $P = 0,85$.

Итак, исследования показали, что высокая устойчивость микро-чешуекрылых связана с наличием аккомодаций [13] в виде физиологического механизма, обеспечивающего выживаемость гусениц старших возрастов за счет снижения чувствительности к сернистому ангидриду [8, 12] и усиления экскреции фтора в процессе развития гусениц [12]. Скрытый образ жизни, выраженный в той или иной степени у всех рассмотренных видов, и способность выведения значительного количества фтора, показанная экспериментально для осинового проворной моли, могут выступать в качестве преадаптаций к воздействию аэро-поллютантов. С.Дж. Гулд и Е.С. Врба [14] для данного случая, т. е. для ситуации, когда биологические особенности конкретных видов обеспечивают им преимущества в условиях загрязнения, предложили специальный термин – аптации.

В популяции осинового проворной моли в Братском районе была экспериментально установлена устойчивость к воздействию фтористых соединений [11, 12]. Адаптация способствует увеличению плотности популяции этого вида в условиях интенсивного промышленного загрязнения. Это позволяет допустить, что промышленные выбросы при достаточно длительном воздействии могут выступать как фактор эволюции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Аналитическая химия фтора / Н.С. Николаев, С.Н. Суворова, Е.И. Гурович и др. - М.: Наука, 1970. - 196 с. [2]. Гудерман Р. Загрязнение воздушной среды. - М.: Мир, 1979. [3]. Козлов М.В. Ответные реакции популяций насекомых на антропогенные воздействия. - Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1987. - 60 с. - (Препр.). [4]. Козлов М.В. Влияние антропогенных факторов на популяции наземных насекомых // Итоги науки и техники. Сер. Энтомология. Т. 13. - М., 1990. - 192 с. [5]. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / Под ред. В.А. Алексеева. - Л.: Наука, 1990. - 198 с. [6]. Селиховкин А.В. Воздействие некоторых атмосферных поллютантов на развитие непарного и соснового шелкопрядов // Экология и защита леса. - Л.: ЛТА, 1981.

- С. 60 - 65. [7]. Селиховкин А.В. Воздействие фтористого водорода на развитие непарного шелкопряда // Экология и защита леса. - Л.: ЛТА, 1982. - С. 83 - 86. [8]. Селиховкин А.В. Влияние промышленного загрязнения воздуха на насекомых-филлофагов // Чтения памяти Н.А. Холодковского, 4 апр. 1986 г. - Л.: Наука, 1988. - С. 3 - 42. [9]. Селиховкин А.В. Воздействие аэрополлютантов на некоторые виды листоверток // Лесн. хоз-во. - 1992. - № 10. - С. 16 - 17. [10]. Селиховкин А.В. Адаптации микропопуляций чешуекрылых к аэрополлютантам // Энтотомол. обозрение. - 1992. - XXI, вып. 2. - С. 22 - 27. [11]. Селиховкин А.В. Динамика накопления фтора насекомыми-филлофагами в условиях эксперимента // Лесоведение. - 1993. - № 6. - С. 51 - 56. [12]. Селиховкин А.В. Преобразование комплексов микрочешуекрылых под влиянием загрязнения воздуха: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. - ЗИН РАН, Спб., 1994. - 39 с. [13]. Яблоков А.В., Юсуфов А.Г. Эволюционное учение. - М.: Высш. шк., 1989. - 336 с. [14]. Gould S.J., Vrba E.S. Exaptation - a missing term in the science of form // Paleobiol. - 1985. - Vol. 8. - P. 4 - 15. [15]. Mankovska B. Wpliw imisii fluoru z hlinkarne na jeno obsah v roznych vyvojovych stadiach obalovaca mladnikoveho *Rhyacionia buoliana* Den. et Schiff. (*Lepidoptera*) // Biologia. - 1975. - 30, № 5. - S. 355 - 360.

Поступила 11 июня 1996 г.

УДК 504.054:595.78

А.В. СЕЛИХОВКИН

С.-Петербургская лесотехническая академия

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ РАСТЕНИЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА НА ДЕНДРОФИЛЬНЫХ МИКРОЧЕШУЕКРЫЛЫХ НА ОРГАНИЗМЕННОМ УРОВНЕ

Приведен детальный анализ литературных данных по анализу биохимических изменений, происходящих в растениях под действием загрязняющих веществ. Оценена степень воздействия этих изменений на микрочешуекрылых при различных уровнях сернистого и фтористого загрязнений.

A detailed study of publication records on the analysis of biochemical changes seen in the plants, affected by the contaminating substances, has been given. The degree of these changes effect on microlepidopterous at different levels of sulfurous and fluoric contaminations is estimated.

В предыдущей статье (с. 88–94) представлена общая схема распределения специфических факторов, влияющих на плотность популяций насекомых в зонах промышленного загрязнения. В данной работе сделана попытка рассмотреть вопрос о воздействии изменений биохимического состава растений (кроме накопления вредных веществ), их морфологической и анатомической структуры на различных уровнях загрязнения на развитие микрочешуекрылых.

Аналізу взаимодействия растений и насекомых-фитофагов посвящены многие исследования [3, 4, 6, 32, 51, 59 и др.]. Не меньшее число публикаций посвящено изменениям в растениях под влиянием различных аэрополлютантов [7, 8, 10]. Однако эти работы не позволяют составить более или менее полное представление о том, какие изменения в состоянии растений, вызванные воздействием промышленного загрязнения воздуха, влияют на насекомых-дендрофагов. Во-первых, регистрируемые изменения химического состава растений сопровождаются множеством нерегистрируемых, имеющих большое значение для развития насекомых. Во-вторых, видовая специфичность растений и насекомых-фитофагов определяет очень большие вариации реакций на одни и те же воздействия или вещества. Особенно это касается вторичных метаболитов растений, реакции на которые у разных видов насекомых могут быть просто противоположными.

Многие авторы все изменения состояния растений по отношению к насекомым-дендрофагам рассматривают как изменения их устойчивости, не вдаваясь в обсуждение того, что имеется в виду под устойчивостью или резистентностью [4, 5, 14, 52, 55, 58]. Подробно эта проблема проанализирована в работе И.Д. Шапиро [22].

Наиболее удачный обобщенный обзор конкретных работ, посвященных изменениям состояния растений под влиянием загрязняющих веществ и воздействию на насекомых-филлофагов, выполнен Дж.Б. Раймером и Дж. Витакером [48]. Авторы справедливо отмечают, что одним из основных путей исследования взаимосвязей растения и насекомого является экспериментальный анализ, включающий как использование искусственных питательных сред, так и самих растений (фумигация и регистрация изменений химизма).

Рассмотрим изменения в растениях, которые в наибольшей степени могут повлиять на листовых насекомых и характерны именно для фтористого или сернистого загрязнения. Прежде всего к ним можно отнести пищевую ценность листьев. Это понятие не включает вариации содержания аллелопатических веществ [46]. Роль изменения пищевой ценности листьев (или качества пищи в целом) показана в серии работ Хаукиойа и Невонена на пяденице *Epirrita autumnata* Vkh., питающейся листьями березы. Ответные реакции этого вида зафиксированы на всех стадиях онтогенеза, на популяционно-видовом и организменном уровне [30, 45, 46]. Качество пищи влияет на продолжительность развития в целом и способствует вспышкам массового размножения пяденицы [31]. В литературе имеются и совершенно конкретные данные, полученные экспериментальным путем, показывающие,

какие именно изменения происходят в растениях под воздействием загрязнения и как они могут повлиять на насекомых-дендрофагов.

Карбогидраты растений, бесспорно, играют важнейшую роль в энергетике питания насекомых [20, 47, 48, 56]. Углеводы являются одним из основных источников энергии, обеспечивающей окислительно-восстановительные процессы, но у специализированных фитофагов, к которым относятся в большинстве случаев и микрочешуекрылые, способность к синтезу углеводов выражена очень слабо [20]. Различные сахара играют разную роль в энергетике питания. Пентоза, как правило, не утилизируется насекомыми [48], ингибируя их развитие. В.А. Радкевич [17] показал, что повышение содержания растворимых сахаров в листьях благоприятно влияет на развитие дубового, кольчатого и непарного шелкопрядов. Причем увеличением углеводно-белкового соотношения (количества растворимых сахаров к количеству сырого протеина на единицу массы листьев) он объяснял выбор этими видами того или иного растения.

Под действием двуокиси серы за счет распада полисахаридов в растениях возрастает содержание восстанавливающихся сахаров и уменьшается – невосстанавливающихся [40, 43]. Эти изменения могут стимулировать и развитие листоядных насекомых. Особенно благоприятным оказывается увеличение содержания сахарозы, в несколько меньшей степени – фруктозы, рафинозы, глюкозы [34]. К сходным последствиям приводило и воздействие фтористого водорода [39, 48].

Азотному обмену и его влиянию на развитие насекомых посвящено значительно больше работ. Дж. М. Скрайбер [51] обобщил более двухсот публикаций такого плана. В 160 из них показано положительное воздействие азота на развитие насекомых, в 44 – отрицательное. Наибольшее значение для развития насекомых имеет содержание в пище протеинов и аминокислот. Отсутствие в корме десяти аминокислот, несинтезируемых самими насекомыми, приводит к их гибели. Добавки в питательные среды восьми других заменимых аминокислот могут ускорять развитие личинок [20, 35, 48].

Действие фтористого водорода приводит к интенсивному разрушению белковых структур, подавлению белкового синтеза и увеличению содержания всех аминокислот за исключением аланина [15]. Содержание азота в растениях имеет положительную корреляционную связь с развитием насекомых. В работе С.М. Луда и С.К. Коллинга [42] показано, что именно изменение содержания азотистых соединений, аминокислот и аминокислот азотистых соединений под воздействием факторов экологического стресса является одной из основных причин увеличения плотности популяций листогрызущих насекомых в целом и минирующих листьев в частности. При этом решающую роль играет не столько общее содержание азотосодержащих соединений, сколько состав белков и, соответственно, ферментов. Так, фумигация двуокисью серы стимулирует синтез пролина, который, в свою очередь, является стимулятором активности питания и ускоряет развитие многих видов насекомых [29, 48]. Увеличение содержания глутадина

(трипептид, состоящий из глутамина, цистидина и глицина) стимулирует рост и питание насекомых и способствует развитию ряда видов. Воздействие загрязнения воздуха ускоряет синтез глутатиона, повышающего устойчивость растений. Возрастание содержания глутатиона стимулирует также размножение листовых насекомых, а повреждения, которые они наносят, в свою очередь, стимулируют синтез глутатиона [33, 36, 48]. С другой стороны, тот же глутатион подавляет рост и развитие совки *Phytometra ni* Hbn. [48].

Многие липиды синтезируются насекомыми из белков и углеводов, поэтому их присутствие в пищевом рационе необязательно [20]. Но определенные жирные кислоты некоторыми видами насекомых не синтезируются. Так, личинки комаров *Aedes aegypti* и жуков *Tenebrio molitor* L. и *Anthonomus grandis* Boh. могут синтезировать линолеовую и линоленовую кислоты [24, 28, 57], а гусеницы листовертки *Argyrota eniavelutinana* Hbn. – не могут. При снижении содержания линоленовой кислоты в пище гусениц отрождаются бабочки без чешуек на крыльях [49]. В искусственные среды для совки *Phytometra ni* Hbn. вносят метиллиноленат (заменитель линоленовой кислоты). В его отсутствие повышается смертность гусениц и куколок, отрождаются бабочки с деформированными крыльями [25, 44]. У некоторых насекомых отсутствие линолевой кислоты в пище приводит к задержке имагинальной линьки [20]. Сернистый ангидрид, воздействуя на растения, не стимулирует липолитическую активность, а ингибирует процессы синтеза и ацетилирования, соответственно не увеличивается содержание свободных жирных кислот [15]. Но соотношение различных жирных кислот может изменяться. В частности, содержание линоленовой кислоты уменьшается, а пальмитиновой – возрастает [38]. При действии фтористого водорода содержание пальмитиновой кислоты также увеличивается, линолевой – снижается во всех фракциях липидов, а линоленовой – в гликонейтральных липидах [15]. Кроме того, под действием фтористого водорода повышается активность неспецифической эстеразы, а двуокись серы ингибирует биосинтез липидов [15]. Все эти изменения, особенно снижение содержания линолевой и линоленовой кислот, могут отрицательно сказываться на развитии листовых чешуекрылых.

Потребность насекомых в большинстве микроэлементов ограничена, но некоторое увеличение по сравнению с нормой содержания кальция, калия, натрия, магния и фосфатов благоприятно сказывается на развитии насекомых [27]. Концентрация именно этих элементов обычно снижается под действием загрязнения воздуха вообще и сернистого в частности. Концентрация серы, фтора, тяжелых металлов в техногенных экосистемах, как правило, увеличивается, что отрицательно сказывается на развитии насекомых. В данном случае речь не идет о повышении концентрации этих элементов за счет накопления техногенных веществ [48]. В работах эстонских ученых показано воздействие сернистого загрязнения на баланс кальция, натрия и калия и возникновение дефицита кальция и магния под воздействием фтори-

стых соединений [37]. Конечно, изменение содержания всех этих микроэлементов сказывается на развитии насекомых, но вряд ли вариации их концентраций под действием промышленного загрязнения воздуха можно считать значимым фактором.

Концентрация витамина С в растениях под действием двуокиси серы уменьшается [48], что неблагоприятным образом сказывается на развитии листоядных насекомых. Этот витамин стимулирует развитие многих листоядных насекомых, что экспериментально показано для ряда видов чешуекрылых [27], в том числе плодовой гусеницы *Cryptophlebia pomonella* L. [53]. Он входит как обязательный элемент в питательные среды для листоядных насекомых вообще и гусениц в частности [9, 26].

В монографии И. Д. Шапиро [22] подробно рассмотрены различные аспекты пищевой специализации насекомых. По мнению ученого, она в наибольшей степени определяется вторичными метаболитами. К ним относится множество разнообразных эфирных масел, алкалоидов, гликозидов, сапонинов, флавоноидов, фенолов, стероидов и т. п. Вещества вторичного обмена играют решающую роль в установлении специфических связей растение – фитофаг [20, 22, 48, 51]. Литература по этому вопросу обширна, но лишь небольшое число исследований посвящено изучению изменения содержания вторичных метаболитов в растениях под воздействием промышленного загрязнения.

Хорошо известно сильное влияние терпенов на стволовых вредителей и грызущих насекомых. Так, повышение концентрации терпенов в хвое приводит к увеличению смертности гусениц младших возрастов у соснового коконопряда. Гусеницы старших возрастов в гораздо большей степени способны к детоксикации терпенов [47]. На листовёртке *Choristoneura occidentalis* Freeman в лабораторных экспериментах показано влияние на развитие гусениц соотношения содержания различных терпенов в хвое [50]. Увеличение содержания в хвое сосен α -пинена, камфена, β -пинена и Δ^3 -карена, по мнению коллектива авторов из Воронежа, стимулирует развитие рыжего соснового пилильщика, делает такую хвою более привлекательной для самок, откладывающих яйца [16]. Основными пищевыми репеллентами являются вещества фенольной группы [20, 48, 51]. Увеличение их содержания в растениях приводит к замедлению развития насекомых [20]. Это продемонстрировано в прямых экспериментах на непарном шелкопряде и сосновом коконопряде [48].

Но воздействие фенолов обладает ярко выраженной видовой специфичностью. Для каждого вида имеет значение определенный набор фенолов. Это же можно отнести и к танинам, также входящим в эту группу. Танины влияют на протеолитические ферменты и имеют наибольшее значение для листоядных насекомых, в том числе минирующих чешуекрылых [48, 51].

Под воздействием загрязнения воздуха, в частности относительно небольших концентраций сернистого газа, общее содержание терпенов и фенолов в хвое или листьях увеличивается, а при существенной нагрузке аэрополлютантов снижается [48]. Но у нас мало данных о том,

каких именно фенолов или терпенов становится больше, а каких меньше в различных ситуациях. Известно, например, что при увеличении уровня загрязнения двуокисью серы возрастает содержание *o*-дифенола, фенол-*p*-гидроксиацетрофенона. Этих сведений явно недостаточно для того, чтобы сделать общие выводы о характере связи изменения концентраций фенолов под влиянием загрязняющих веществ с развитием насекомых [48].

По другим группам веществ и водному обмену не удалось обнаружить информативных, с точки зрения данного исследования, сведений. Но и ранее приведенные данные позволяют сделать некоторые выводы.

Реакции растений на фтористое и сернистое загрязнение воздуха и насекомых на изменения в растениях специфичны. Изменения химического состава растений оказываются благоприятными или неблагоприятными для того или иного вида насекомых. Для листоядных чешуекрылых благоприятными факторами можно считать увеличение содержания растворимых сахаров, свободных аминокислот и аминокислотных соединений, изменение состава ферментов и уменьшение концентраций терпенов (при больших концентрациях загрязняющих веществ); неблагоприятными – увеличение концентраций терпенов и фенолов при низком уровне загрязнения и снижение содержания линолевой и линоленовой кислот. В каждой конкретной ситуации суммарный эффект может быть совершенно разным.

Рассмотренные изменения биохимического состава растений фиксируются, как правило, при некотором среднем уровне загрязнения, при концентрациях в пределах ПДК для человека $\pm 25\%$. Они могут возникать и под влиянием других стрессовых или экологических факторов: пожаров, изменения режима увлажнения, погодных условий, воздействия других загрязняющих веществ и, наконец, повреждений насекомыми [14, 15, 22, 48]. Следовательно, эти изменения малоспецифичны, если рассматривать их как фактор, влияющий на развитие насекомых в условиях загрязнения воздуха.

Морфологические изменения растений, происходящие под воздействием загрязняющих веществ, также могут иметь существенное значение для листоядных насекомых. При сильном повреждении листы разрушаются клетки вдоль жилок, палисадной, а затем губчатой паренхимы [19, 21]. При хроническом повреждении происходит также ксерофитизация тканей, включая гипертрофию эпителиальных тканей, снижение обводненности, уменьшение размеров мезофильных клеток [2, 11, 19, 21, 23]. Отчетливо выраженное уменьшение площади листовых пластинок и утолщение эпидермиса наблюдается у основных лесобразующих лиственных видов древесных растений в Братском районе. Эти изменения морфологии листьев являются ответной реакцией деревьев не только на промышленное загрязнение воздуха, но и на изменение влажности и воздействие низких температур [10, 21, 54 и др.]. Тем не менее ксерофитизация листьев – довольно специфическое явление для экосистем таежной зоны.

Понятно, что такие изменения неблагоприятны для большинства насекомых, так как ксерофитизация тканей делает пищу менее доступной [22, 48], а недостаток влаги отрицательно влияет на развитие гусениц чешуекрылых [17]. Минеры в большей степени, чем другие листоядные чешуекрылые, защищены от воздействия неблагоприятных микроклиматических условий и (или) паразитических и хищных насекомых. Поэтому ксерофитизация листьев под воздействием загрязнения – благоприятный для микрочешуекрылых фактор. Все это предположительно, так как работы по топическому распределению листоядных насекомых единичны [12, 18].

В серии интересных работ М.В. Козлова с соавторами [12, 13, 41] показано, как распределение листоядных насекомых (в большинстве случаев минирующих чешуекрылых) по отношению к частям листа и листьям годичного побега или в пределах кроны влияет на структуру энтомокомплексов и встречаемость отдельных видов. Однако по данным М.В. Козлова, исследовавшего зависимость откладки яиц первичными беззубыми молями от форм некоторых видов берез, самки практически не принимают во внимание изученные признаки берез. С другой стороны, известно, что весьма четкая приуроченность мин к определенным частям листа у представителей рода *Phyllonorycter* связана с выбором мест откладки яиц самками. В целом влияние морфологических особенностей листьев на развитие минирующих или сворачивающих и сцепляющих листья чешуекрылых изученно слабо. Изменение структуры крон деревьев под воздействием загрязнения – еще менее специфический фактор, чем изменение морфологии листьев. Практически нет более или менее определенных данных о влиянии изреживания крон, изменения расположения листьев на вредителей.

Таким образом, анализ ответных реакций микрочешуекрылых на воздействие загрязняющих веществ на организменном уровне позволяет заключить, что эта группа насекомых-дендрофагов имеет наибольшие перспективы в плане увеличения численности отдельных видов при загрязнении воздуха и представляет серьезную опасность для формирующихся лиственных древостоев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Аналитическая химия фтора / Н.С. Николаев, С.Н. Суворова, Е.И. Гурович и др. – М.: Наука, 1970. – 196 с.
- [2]. Баккал И.Ю., Лязгунова И.В., Тихменева И.Б. Состояние ассимиляционного аппарата кустарничков // Влияние промышленного атмосферного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова. – Л.: Наука, 1990. – С. 55 – 64.
- [3]. Баранчиков Ю.Н. Трофическая специализация чешуекрылых. – Красноярск, 1987. – 172 с.
- [4]. Богачева И.А. Взаимоотношения насекомых-фитофагов и растений в экосистемах Субарктики. – Свердловск, 1990. – 137 с.
- [5]. Валента В.Т. Ксилофаги-биоиндикаторы жизненного состояния сосны и ели // Проблемы лесопатологического мониторинга в таежных лесах европейской части СССР: Тез. докл. Всесоюз. конф. – Петрозаводск, 1991. – С. 13-14.
- [6]. Гирс Г.И.

- Физиология ослабленного дерева. - Новосибирск: Наука, 1982. - 256 с.
- [7]. Гудериан Р. Загрязнение воздушной среды. - М.: Мир, 1979. [8]. Загрязнение воздуха и жизнь растений / Под ред. М. Трешоу. - Л.: Гидрометеиздат, 1988. - 536 с. [9]. Зиновьев Л.А., Захарченко И.С. Полусинтетическая среда для непарного шелкопряда // Науч. тр. / МЛТИ. - М., 1974. - Вып. 65. - С. 167 - 170. [10]. Илькун Г.М. Загрязнители атмосферы и растения. - Киев: Наукова думка, 1978. - 250 с. [11]. Калашникова Л.М. Влияние загрязнения воздуха на растительность // Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистемы Черноморского побережья: Сб. материалов науч. - практ. конф. Ч. 2. - Красноярск, Куйбыш. гос. ун-т, 1991. - С. 286 - 287. [12]. Козлов М.В., Коричева Ю.Г. Распределение мин дендрофильных чешуекрылых семейств *Nepticulidae*, *Tischeriidae* и *Gracillariidae* (*Lepidoptera*) по кормовым растениям // Вестн. ЛГУ. - 1989. - Сер. 3. - Вып. 1 (№ 3). - С. 8 - 19. [13]. Козлов М.В., Коричева Ю.Г. Сравнительный анализ распределения мин совместно обитающих чешуекрылых (*Lepidoptera: Nepticulidae, Gracillariidae, Coleophoridae, Tischeriidae*) по листьям кормовых растений // Вестн. ЛГУ. - 1990. - Сер. 3. - Вып. 2 (№ 10). - С. 11 - 18. [14]. Линдемман Г.В. Взаимоотношения насекомых-ксилофагов и лиственных деревьев в засушливых условиях. - М.: Наука, 1993. - 207 с. [15]. Мальхотра С.С., Хан А.А. Биохимическое и физиологическое действие приоритетных загрязняющих веществ // Загрязнение воздуха и жизнь растений. - Л.: Гидрометеиздат, 1988. - С. 144 - 189. [16]. Механизмы энтоморезистентности сосны обыкновенной / Г.Я. Тягунова, Ю.Н. Исаков, Е.Ю. Белякова, Г.А. Грабор // Устойчивость лесов к воздействию насекомых: Тез. докл. - Красноярск, ИЛИД им. В.Н. Сукачева, 1991. - С. 68 - 69. [17]. Радкевич В.А. Экология листогрызущих насекомых. - Минск: Наука и техника, 1980. - 240 с. [18]. Слепян Э.И. Химические средства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве и лесном строительстве и проблема нарушения и восстановления экологических систем // Охрана природы и применение химических средств в сельском и лесном хозяйстве. - Л.: Наука, 1981. - С. 5 - 34. [19]. Сейкелли С., Каренлампи Л. Клеточные и ультраструктурные эффекты // Загрязнение воздуха и жизнь растений. - Л.: Гидрометеиздат, 1988. - С. 190 - 205. [20]. Тыщенко В.П. Основы физиологии насекомых. Т. 1. - Л.: Ленингр. ун-т, 1974. - 362 с. [21]. Хальбваш Г. Реакции организмов высших растений на загрязнение атмосферы двуокисью серы и фторидами // Загрязнение воздуха и жизнь растений. - Л.: Гидрометеиздат, 1988. - С. 206 - 246. [22]. Шапиро И.Д. Иммуитет полевых культур к насекомым и клещам. - Л., 1985. - 322 с. [23]. Ярмишко В.Т. Состояние ассимиляционного аппарата сосны // Влияние атмосферного промышленного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова. - Л.: БИН АН СССР, 1990. - С. 55 - 64. [24]. Akov S. Qualitative and quantitative study of the nutritional requirements of *Aedes aegypti* L. // J. Insect Physiol. - 1962. - Vol. 8. - P. 319 - 335. [25]. Chippendale G.M., Beck S.D., Strong S.D. Methyl linolenate as essential nutrient for the cabbage looper, *Trichoplusia ni* // Nature. - 1964. - Vol. 204. - P. 710 - 711. [26]. Dadd R.H. The nutritional requirements of locusts // J. Insect Physiol. - 1960. - Vol. 4. - P. 319 - 347. [27]. Dadd R.H. Insect nutrition: current developments and metabolic implications // Ann. Rev. Entomol. - 1973. - Vol. 18. - P. 281 - 290. [28]. Fraenkel G., Blewett M. Linoleic acid and arachidonic acid in the metabolism of the insects, *Ephestia kuhniella* (*Lepidoptera*) and *Tenebrio molitor* (*Coleoptera*) // Biochem. J. - 1947. - Vol. 41. - P. 475 - 478. [29]. Hadlund B.M. Proline and valine: cues which stimulate grasshopper herbivory during drought stress // Nature. - 1980. -

- Vol. 288. - P. 697 - 698. [30]. Haukioja T. Inducible defences of white birch to geometric defoliator, *Epiritta autumnata* // Proc. 5th Int. Symp. Insect - Plant Relationships. - Hudoc., Wageningen, 1982. - P. 199 - 203. [31]. Haukioja E. Cyclic fluctuations in density: interactions between a defoliator and insect host tree // Acta Ecologica. - 1991. - Vol. 12, N 1. - P. 77 - 78. [32]. Haukioja E., Suomela J., Neuvonen S. Long-term inducible resistance in birch foliage: triggering cues and efficiency on a defoliator // Oecologia. - 1985. - Vol. 65, N 3. - P. 363 - 369. [33]. Hughes P.R., Chiment J.J., Dickie A.I. Effect of pollutant dose on the response of Mexican bean beetle (*Coleoptera: Coccinellidae*) to SO₂ - induced changes in Soybean // Environ. Entomol. - 1985. - Vol. 14, N 6. - P. 718 - 721. [34]. Ito T. Effect of sugars on feeding of larvae of the silkworm, *Bombyx mori* // J. Insect Physiol. - 1960. - Vol. 5. - P. 95 - 107. [35]. Ito N., Arai N. Nutrition of the silkworm *Bombyx mori*. IX // J. Insect Physiol. - 1967. - Vol. 13. - P. 1813 - 1824. [36]. Ja Wu, Cuixid Jin. Influencing factors and possible mechanisms concerning the interactions of the air pollution on Insects // 19 Int. Cong. Entomol., Beijing June 28 - July 4 1992: Proc. Abstr. Beijing, 1992. - C. 179-180. [37]. Jacobson J.S. Air pollution impacts on forest trees: Effects of fluorides // Изв. АН Эстонии. Экология. - 1992. - № 1, 2. - С. 1 - 6. [38]. Khan A.A., Malhotra S.S. Effects of aqueous sulphur dioxide on pine needle glycolipids // Phytochemistry. - 1977. - Vol. 16. - P. 539 - 543. [39]. Koziol M.J. Interaction of gaseous pollutants with carbohydrate metabolism // Gaseous Air Pollutants and Plant Metabolism. - London, 1984. - P. 23 - 41. [40]. Koziol M.J., Cowling D.W. Growth of Ryegrass (*Lolium perenne* L.) exposed to SO₂ // J. Exp. Bot. - 1978. - N 29. - P. 1431 - 1439. [41]. Kozlov M.V., Koricheva Y.G. The within-tree distribution of caterpillar mines // Forest Insect Guilds: Patterns of Interaction with Host Trees // U.S. Dep. Agric. For. Serv. Gen. Tech. Rep. NE-153. - 1993. - P. 240 - 255. [42]. Louda S.M., Collinge S.K. Plant resistance to insect herbivores: A field test of the Environmental stress hypothesis // Ecology. - 1992. - N 73 (1). - P. 153 - 169. [43]. Malhotra S.S., Sarkar S.K. Effects of sulphur dioxide on sugar and free amino-acid content of pine seedlings // Physiol. Plant. - 1979. - N 47. - P. 223 - 228. [44]. Nelson D.R., Sukkestad D.R. Fatty acid composition of the diet of larvae and biosynthesis of fatty acids from ¹⁴C-acetate in the cabbage looper, *Trichoplusia ni* // J. Insect Physiol. - 1968. - Vol. 14. - P. 293 - 300. [45]. Neuvonen S., Haukioja E. Low nutritive quality as defense against herbivores: induced responses in birch // Oecologia. - 1984. - Vol. 63. - P. 71 - 74. [46]. Neuvonen S., Haukioja E. The effect of inducible resistance in host foliage on birch-feeding herbivores // Phytochemical induction by herbivores. - New York, 1991. - P. 277 - 288. [47]. Otto D. Zur Bedeutung des Diefernadelharzes und des Kiefernadeloles für die Entwicklung nadel fressender Insekten // Arch. Forstwes. - 1970. - Vol. 19, N 151. - S. 234 - 248. [48]. Riemer J., Whittaker J.B. Air pollution and insect herbivores: observed interactions and possible mechanisms // Insect - plant interaction. Vol. 1. - CRC-Press, Boca Raton, Florida, USA, 1989. - P. 74 - 105. [49]. Rock G.C., Patton R.L., Gloss E.H. Studies of the fatty acid requirements of *Agryrotania velutinana* (Walker) // J. Insect. Physiol. - 1965. - Vol. 11. - P. 91 - 101. [50]. Perry D.A., Pitman G.B. Genetic and environmental influences on host resistance to herbivores: Douglas-fir and the western spruce budworm // Z. Angew. Entomol. - 1983. - Vol. 96. - P. 217 - 225. [51]. Scrieber J.M. Host-plant suitability // Chemical Ecology of Insects. - London, 1984. - P. 159 - 204. [52]. Sierpinski Z. Wpływ gazów i dymów przemysłowych na dynamikę populacji niektórych szkodników

pierwotnych sosny // Prace Inst. Badaw. Lesn. - 1968. - N 365. - P.139 - 150. [53]. Smidt S. Begasungsversuche mit SO₂ und Ozon an jungen Fichten // Eur. J. For. Patrl. - 1984. - N 14. - P. 241 - 243. [54]. Stewart D., Treshow M., Harner F. M. Pathological anatomy of conifer needle necrosis // Can. J. Bot. - 1973. - N 51. - P. 983 - 988. [55]. Tisdale R. A., Wagner M. R. Host stress influences oviposition preference and performance of a pine sawfly // Ecol. Ent. - 1991. - N 16. - P. 371 - 376. [56]. Valentin H. T., Wallner W. E., Wargo P. M. Nutritional changes in host foliage during and after defoliation and their relation to the weight of gypsy moth pupae // Oecologia. - 1983. - Vol. 57. - P. 250, 298 - 302. [57]. Vanderzant E. S. Axenic rearing of the ball weevil on defined diets: amino acid, carbohydrate and mineral requirements // J. Insect Physiol. - 1965. - Vol. 11. - P. 659 - 670. [58]. Villemant C. Influence de la pollution atmospherique sur les populations d'aphide du pin sylvestre en foret de Roumare (Seine-Maritime) // Environ. Pollut. - 1981. - A 24, N 4. - P. 245 - 262. [59]. Werner R. A. Influence of host foliage on development, survival, fecundity and oviposition of the spear-marked black moth, *Rheumoptera hastata* (Lepidoptera: Geometridae) // Can. Entomol. - 1979. - Vol. 3, N 3. - P. 317 - 322.

Поступила 11 июня 1996 г.

УДК 630*424.5/.425:630*163:581.16

В.М. ТАРБАЕВА

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Тарбаева Вероника Михайловна родилась в 1961 г., окончила в 1983 г. С.-Петербургский государственный университет, доктор биологических наук, старший научный сотрудник Отдела лесобиологических проблем Севера Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Имеет 55 научных работ в области экологии, систематики, анатомии и семеноведения хвойных.



ВЛИЯНИЕ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА РАЗВИТИЕ СЕМЯПОЧЕК СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА РАННИХ СТАДИЯХ

Дано подробное описание процессов макроспорогенеза и гаметогенеза у сосен, произрастающих в зонах с различной степенью загрязненности и в контроле. Установлены хромосомные нарушения на разных этапах макроспорогенеза при аэротехногенном воздействии.

A detailed description of processes of macrosporogenesis and gametogenesis in Scotch pines growing in the zones of different pollution degree and control has been given. Chromosome anomalies at different stages of macrosporogenesis under arial technogenic effect have been stated.

К атмосферному загрязнению наиболее чувствительна репродуктивная сфера хвойных. Даже при незначительном загрязнении можно наблюдать нарушения процессов мейоза и постмейотических стадий в микро- и макроспорогенезе. В экстремальных условиях Севера лесной зоны репродуктивная деятельность сосны вообще значительно угнетена. Низкие температуры воздуха в течение вегетационного сезона являются причиной различных аномалий при формировании микро- и макроспор, препятствуют нормальному вызреванию семян, что обуславливает их слабую всхожесть [1–3]. Промышленное загрязнение среды является еще одним существенным фактором, лимитирующим генеративный процесс [4, 6–10].

В связи с этим нами были изучены процессы макроспорогенеза и гаметогенеза у сосны обыкновенной на четырех пробных площадях в черничном типе леса, расположенных на разном удалении от источника загрязнения Сыктывкарского лесопромышленного комплекса (СЛПК) в направлении преобладающих ветров и на территории Ляльского лесоэкологического стационара (50 км от СЛПК, контроль). На этих стадиях развивающиеся семяпочки наиболее чувствительны к различным экологическим изменениям, а также к аэротехногенному загрязнению. Образцы макростробилов сосны собирали периодически через 10...12 дн., а на стадиях макроспорогенеза и оплодотворения – через 2 дн., с 5...8 модельных деревьев с южной стороны кроны (в июне – июле направление преобладающих ветров южное). Материал фиксировали и обрабатывали по общепринятым гистологическим методикам [5]. При обработке цифровых данных использованы методы математической статистики.

Массовое пыление сосны в 1992 и 1993 гг. в зоне исследований наблюдалось во второй декаде июня. Изучение семяпочек на всех экспериментальных участках, проведенное 15 июня 1992 г. и 10 июня 1993 г., показало, что практически все они были опылены, а в нуцеллусе шло формирование археспориальной клетки. В 1993 г. основная масса проанализированных семяпочек была опылена уже 10 июня вследствие более ранней весны по сравнению с 1992 г. В этот период в них также проходила дифференциация нуцеллярного тапетума из внутренних слоев нуцеллуса.

Макроспорогенез у сосны в контроле протекал в течение 15 дн. Наиболее продолжительной была профазы I, которая в 1992 г. длилась более 10 дн. в результате неблагоприятных погодных условий в этот период. В норме профазы I завершалась разрушением ядерной оболочки и появлением веретена деления. В метафазе I биваленты расположены на нитях веретена в центре макроспороцита. В анафазе I начиналось перемещение хромосом к полюсам, где образовывались

Таблица 1

**Характеристика пробных площадей
в лесах Сыктывкарского промышленного района***

№ участка	Удаление от СЛПК, км	Направление	Состав древостоя	Возраст, лет	Класс бонитета
Контроль	50	С	9С1Б + Е	50	III
1	3	В	8Е2С + Б	80	III
2	1	С - 3	8С2Е	80	III
3	8	Ю	8С2Е + Б	50	III
4**	20	Ю	-	50	-

* Данные отчета «Мониторинг антропогенных и техногенных трансформаций в лесных экосистемах Севера» (Сыктывкар, 1992).

** Лесные парки внутри городских кварталов Сыктывкара.

ядра, а между ними закладывалась клеточная перегородка. Обычно халазальная клетка диады несколько крупнее микропилярной. Затем ядра халазальной или обеих клеток приступали ко второму делению. В результате двух последовательных делений формировались линейные триады или тетрады макроспор (триады наблюдались чаще). У микропилярной клетки диады сразу после ее образования были заметны признаки дегенерации, и она не приступала ко второму делению.

На опытных участках (табл. 1) макроспорогенез в 1992 - 1993 гг. протекал без значительных нарушений. Практически в каждой исследованной семяпочке (с начала июля 1992 г. до конца июля 1993 г.) были обнаружены сформированные одноядерные женские гаметофиты (зародышевые мешки), затем приступившие к делению. В некоторых случаях отмечена дегенерация халазальной макроспоры, что приводило впоследствии к гибели всей семяпочки. Иногда наблюдалась остановка в развитии семяпочек в результате отсутствия пыльцы на нуцеллусе. Согласно полученным данным, в 1992 г. нарушения в мейозе (более 1 %) обнаружены только на участках 1, 2 и 3 - соответственно 5, 3 и 4 % (табл.1, 2).

Таблица 2

**Общее количество хромосомных нарушений семяпочек
в макростврилах сосны при аэротехногенном воздействии**

№ участка	Число изученных семяпочек		
	общее	с аномалиями в макроспорогенезе, %	некротированных в конце мейоза, %
Контроль	300	1,0	0,2
1	200	5,0	8,0
2	300	3,0	9,0
3	150	4,0	4,0
4	200	2,5	1,5

Данные нарушения в течение макроспорогенеза приводили в основном к дегенерации макроспороцита. Остановка развития происходила на разных этапах макроспорогенеза в результате лизиса хроматина в профазе I и метафазе I, неравномерного расхождения хромосом к полюсам в анафазе I, дегенерации обоих ядер диады, разрушения ядра халазальной макроспоры триады (рис.1).

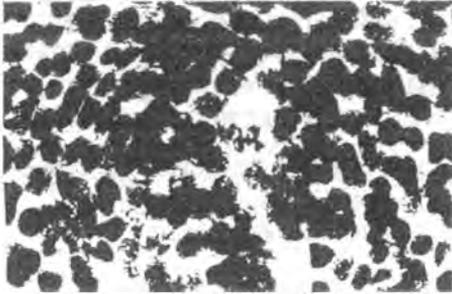
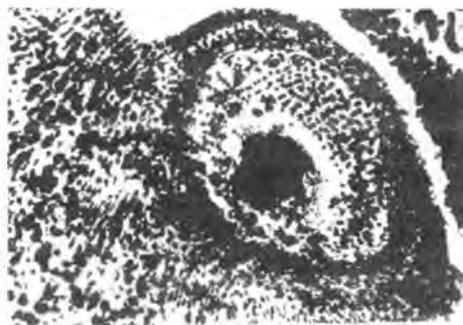


Рис. 1. Нарушения в макроспорогенезе сосны: остановка в развитии макроспороцита на стадии метафазы I (агглютинация хроматина) (участок 2)

В контроле женский гаметофит формируется из халазальной макроспоры, которая отличается от других макроспор более крупными размерами и плотностью цитоплазмы. Она содержит крупное ядро с вакуолизированными ядрышками и нитями хроматина. В последующие два-три дня верхние макроспоры дегенерируют, а функциональная макроспора увеличивается, заполняя все пространство. В ее цитоплазме становятся заметны вакуоли. После первого деления в зародышевом мешке вновь образованные ядра женского гаметофита расходятся к противоположным полюсам, а между ними формируется еще одна крупная вакуоль. Последующие деления ядер женского гаметофита происходили симультантно, ядра располагались в пристенном слое цитоплазмы. По мере развития женского гаметофита клетки нуцеллярного тапетума разрушались. К концу вегетационного периода первого года развития семян женский гаметофит был представлен многочисленными ядрами, свободно располагающимися в цитоплазме по его периферии.

На опытных участках в 1992 г. при развитии женского гаметофита наблюдались единичные отклонения от нормы, которые вели в основном к остановке его формирования на разных стадиях. Наиболее часто эти аномалии выявлялись на стадии одноядерных зародышевых мешков. Такие гаметофиты нормально увеличивались в размерах, в них происходила вакуолизация цитоплазмы, но ядро уменьшалось, сжималось, а хроматин в нем обретал вид гомогенного сгустка. Признаки дегенерации ядра были заметны сразу после формирования тетрады или триады. Во время созревания женских гаметофитов их ядра постепенно разрушались, хроматин распадался на отдельные фрагменты. Иногда лизис хроматина ядер происходил на двухъядерной стадии женского гаметофита. В таких семечках наблюдалось интенсивное аномальное разрушение клеток нуцеллярного тапетума. Подобные

Рис. 2. Нарушения в развитии женского гаметофита в молодых шишках сосны: семяпочка с погибшим женским гаметофитом (на свободной ядерной стадии) в конце вегетационного периода (участок 1)



аномалии в ходе формирования женского гаметофита привели к гибели 8, 9 и 4 % исследованных семяпочек на участках 1, 2 и 3 соответственно (табл. 2, рис. 2).

Таким образом, сравнительный анализ процесса опыления у сосны в 1992-1993 гг. показал, что основная масса семяпочек была опылена почти одновременно на всех экспериментальных участках. Макроспорогенез у сосны на всех участках протекал в основном нормально. Повышенный процент аномалий отмечался на участках 1 и 3. Практически все наблюдаемые нарушения в макроспорогенезе приводили к дегенерации семяпочек на всех опытных участках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Белецкий И.Б. Плодоношение сосны на Кольском полуострове. - Мурманск, 1968. - 131 с. [2]. Козубов Г.М. Биология плодоношения хвойных на Севере. - Л.: Наука, 1974. - 134 с. [3]. Некрасова Т.П. Особенности лесного семеноводства в Заполярье // Лесн. хоз-во. - 1961. - № 8. - С. 47-49. [4]. Оценка действия двуокиси серы на сосновые насаждения / И.С. Федотов, Р.Т. Карабань, Ф.Н. Тихомиров, Г.И. Сисигина // Лесоведение. - 1983. - № 6. - С. 23-27. [5]. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. - М.: Колос, 1974. - 287 с. [6]. Романовский М.Г., Рябоконт С.М. Выживаемость семяпочек сосны обыкновенной при загрязнении // Генетика. - 1991. - Т. 27, № 6. - С. 1047 - 1058. [7]. Федорков А.Л. Влияние аэротехногенных воздействий на сохранность семяпочек и развитие зародыша сосны обыкновенной // Лесоведение. - 1994. - № 5. - С. 36 - 40. [8]. Федорков А.Л. Микроспорогенез сосны при загрязнении среды в Российской Лапландии // Лесн. журн. - 1995. - № 1. - С. 49 - 54. - (Изв. высш. учеб. заведений). [9]. Houston D., Dochinger L. Effect of ambient air pollution on cone, seed and pollen characteristics in eastern white and red pines // Environ. Pollnt. - 1977. - № 12. - P.1-5. [10]. Mamaev S., Shkarlet O. Effect of air and soil pollution by industrial wastes on the fructification of Scotch pine in the Urales // Mitteil. Forest. Wein. - 1972. - P. 443 - 450.

Поступила 8 января 1996 г.

УДК 630*425:582.475.4-113.21

В. В. ТУЖИЛКИНА
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН



Тужилкина Валентина Васильевна родилась в 1949 г., окончила в 1973 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Имеет 43 печатные работы в области экологической физиологии древесных растений: фотосинтетической деятельности и минерального питания хвойных на Севере.

ПИГМЕНТНЫЙ КОМПЛЕКС ХВОИ СОСНЫ В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Рассмотрены результаты изучения пигментного фонда хвои сосны в зоне действия СЛПК. Показан характер изменения пигментного комплекса хвои в сосновых древостоях под влиянием промышленных выбросов.

The results of investigation into pigment pine needles stock in the area of Syktyvkar timber integrated enterprises have been considered. The character of the needles pigment complex change in pine forests affected by industrial discharges has been revealed.

Атмосферное загрязнение является наиболее значительным антропогенным стрессом. Для Республики Коми эта проблема чрезвычайно актуальна в связи с деятельностью целлюлозно-бумажных, нефтеперерабатывающих и газодобывающих производств. Особенно возрастает влияние промышленных выбросов на лесные экосистемы. В целях их сохранения и защиты возникает необходимость в изучении влияния загрязнения воздуха на хвойные, являющиеся главными лесообразующими породами региона и отличающиеся высокой чувствительностью к загрязнению окружающей среды.

Известно, что одним из показателей реакции растений на изменение факторов внешней среды, степени их адаптации к новым экологическим условиям является содержание хлорофиллов и каротиноидов – главных фоторецепторов фотосинтезирующей клетки. Наиболь-

шего внимания заслуживают хлорофиллы, содержание которых является критерием оценки взаимосвязи растений со средой и фотосинтетической продуктивности растений [1–3, 5].

Поэтому для выяснения влияния аэротехногенных загрязнений на ассимиляционный аппарат сосны нами был исследован пигментный комплекс хвои в различных типах хвойных фитоценозов, расположенных в зоне действия Сыктывкарского лесопромышленного комплекса (СЛПК). Основными компонентами выбросов комбината являются оксиды азота, серы и углерода, сернистый ангидрид и неорганическая пыль.

Исследования проводили в 1993–1995 гг. на экспериментальных участках, расположенных на разных расстояниях от СЛПК по вектору господствующих ветров летом (С–В), а также в восточном направлении (табл. 1). Контрольные участки находятся в 50 км к северу от СЛПК на территории Ляльского лесозоологического стационара Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

Образцы двухлетней хвои сосны брали с южной стороны трех-четырёх опытных и контрольных деревьев из средней части кроны. Количественный анализ хлорофиллов и каротиноидов проводили спектрофотометрически на СФ-16 в ацетоновой вытяжке при длинах волн 662, 644, 440,5 нм [7]. Количество хлорофилла в светособирающем комплексе (ССК) оценивали по содержанию хлорофилла *b*, поскольку он входит только в ССК. Большая часть хлорофилла *b* входит в состав ССК фотосистемы 2 (ФСII) в соотношении с хлорофиллом *a* примерно 1:1 [9]. Поэтому количество хлорофилла *a* в хлорофиллобелковых комплексах ФС I и ФС II оценивали по разности в содержании хлорофилла *a* и *b* [2].

Аэротехногенное загрязнение среды оказывает влияние на формирование пластидного аппарата и накопление пигментов. Установлено, что в хвое сосен, произрастающих в зоне действия СЛПК, на участках, расположенных по направлению господствующих ветров,

Таблица 1

**Характеристика экспериментальных участков
в лесах зоны влияния Сыктывкарского ЛПК**

№ участка	Удаление от СЛПК, км	Направление	Состав древостоя	Тип леса	Возраст, лет	Класс бонитета
6*	7	С–В	10С	Лишайниковый	25	Культуры
12	7	С–В	6С4Б	Черничный	60	III
13	5,6	С–В	10С	Лишайниковый	150	V
14	10	В	9С1Б	Черничный	70...160	III
17	10	В	10С	Лишайниковый	70...160	IV

* Исследованиями охвачены единичные деревья 50-летнего возраста, сохранившиеся после рубки.

Таблица 2

**Содержание фотосинтетических пигментов
в хвое сосны, мг на 1 г свежей массы**

Изучаемый показатель	Экспериментальные участки					
	12	Контроль	13	Контроль	6	Контроль
Хлорофилл:						
<i>a</i>	0,648	0,907	0,473	0,637	0,363	0,433
<i>b</i>	0,223	0,283	0,154	0,236	0,092	0,148
<i>a + b</i>	0,871	1,190	0,627	0,873	0,455	0,581
<i>a - b</i>	0,425	0,624	0,319	0,401	0,271	0,285
<i>a / b</i>	2,91	3,20	3,07	2,69	3,90	2,93
Сумма каротиноидов	0,263	0,336	0,209	0,282	0,154	0,174

наблюдается уменьшение содержания хлорофиллов и каротиноидов по сравнению с фоновыми условиями (табл. 2).

Известно, что непосредственное участие в фотохимических реакциях преобразования энергии в фотосинтезе принимает только 1 % хлорофилла, а остальная масса пигментов входит в состав «антенн» – светособирающей и фокусирующих, т.е. служит для поглощения энергии и передачи ее к соответствующим реакционным центрам (РЦ). Согласно существующим представлениям, весь хлорофилл тилакоидов локализован в трех типах мембранных комплексов: ФС II и ССК, располагающихся в основном в зоне стекинга гранальных тилакоидов, а также ФС I, находящемся в стромальных мембранах и концевых участках гран [8]. В построении РЦ обеих фотосистем участвует главным образом хлорофилл *a*, хлорофилл *b* в основном входит в состав ССК, функционально сопряженного с ФС II.

Согласно нашим данным, хвоя опытных и контрольных деревьев различается не только по суммарному содержанию зеленых и желтых пигментов. Изменения в пигментном комплексе под влиянием загрязнения происходят главным образом за счет снижения содержания хлорофилла *b*. Так, в хвое опытных деревьев в лишайниковых типах леса (экспериментальные участки 6 и 13) концентрация хлорофилла *a* уменьшается на 16 и 31, хлорофилла *b* – на 38 и 35 % по сравнению с контролем. О преобладающем разрушении хлорофилла *b* под влиянием загрязнения свидетельствует и соотношение компонентов зеленых пигментов, которое увеличилось до 3,90. Это, в свою очередь, показывает, что в хлоропластах хвои уменьшается светособирающий комплекс, который согласно исследованиям Х. Зубера [10], С.А. Гостимского и др. [6] играет важную роль в образовании гран. Для подтверждения нашего предположения, касающегося уменьшения ССК в пластидах хвои сосны под влиянием поллютантов, необходимы результаты электронно-микроскопической структуры клеток мезофилла.

В сосняке-черничнике (участок 12), наряду со снижением общего фонда зеленых пигментов, количество хлорофилла *a* уменьшается на 28, хлорофилла *b* – на 22 % по сравнению с контролем.

Таблица 3

Содержание хлорофилла в двухлетней хвое древостоев сосны (июль 1995 г.)

Тип леса	Вариант	Хлорофилл, мг на 1 г свежей массы		
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a + b</i>
Черничный	Опыт	0,693 ± 0,013	0,286 ± 0,003	0,979 ± 0,013
	Контроль	0,546 ± 0,012	0,194 ± 0,006	0,740 ± 0,017
Лишайниковый	Опыт	0,573 ± 0,015	0,218 ± 0,015	0,791 ± 0,029
	Контроль	0,523 ± 0,009	0,198 ± 0,008	0,721 ± 0,011

Таким образом, ухудшение состояния сосновых древостоев в зоне действия ЛПК сопровождалось снижением количества пигментов.

У деревьев, произрастающих в зоне промышленных выбросов в непосредственной близости от ЛПК, происходит изменение хлорофилла в хлорофилл-белковых комплексах ФС I и ФС II (*a - b*), которое отличается от изменений содержания хлорофилла в ССК (табл. 2). На участках 12 и 13 содержание хлорофилла в комплексах ФС I и ФС II снижается соответственно на 32 и 20 % по сравнению с контролем. На участке 6 в отличие от контроля содержание хлорофилла в ССК также уменьшается, а разность *a - b* практически не изменяется.

Хроническое загрязнение атмосферы газообразными токсикантами в промышленных зонах по-разному влияет на содержание пигментов в ассимиляционных органах древесных растений. Так, у деревьев, произрастающих в черничном и лишайниковом типах леса в восточном направлении от источника эмиссий, наблюдается некоторое усиление процессов пигментообразования, о чем свидетельствует повышенное содержание хлорофиллов (табл. 3). Концентрация зеленых пигментов в черничном типе леса в 1,3, а в лишайниковом в 1,1 раза выше по сравнению с контролем. Это может быть связано с накоплением продуктов окисления углеводов органических кислот цикла Кребса, продуктов гидролиза белков, необходимых для синтеза пигментов [3].

Итак, характер изменения пигментных комплексов, вызываемых промышленными выбросами, не специфичен. Он сходен с изменениями, обнаруженными ранее Г.И. Гирс [4] и Н.В. Гетко [3] при других стрессовых воздействиях на древесные растения, когда при слабом неповреждающем влиянии наблюдается новообразование хлорофиллов, при сильном – торможение и разрушение пигментов.

В заключение следует отметить, что реакция ассимиляционного аппарата сосны на хроническое загрязнение воздуха промышленными эмиссиями СЛПК неоднозначна. Чем ближе источник загрязнения, тем выше чувствительность пигментной системы сосны к промышленным токсикантам, что выражается в снижении общего количества пигментов (хлорофилла *b* в большей степени, чем хлорофилла *a*).

С увеличением расстояния от лесопромышленного комплекса поллютанты начинают оказывать стимулирующее влияние на образование хлорофилла в хвое. Пластидный аппарат сосны приспосабливается к условиям среды, изменяется соотношение компонентов

пигментной системы. Этим, возможно, обуславливается фотосинтетическая активность единицы хлорофилла, что, в свою очередь, влияет на накопление в растении ассимилятов, рост и продуктивность сосны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Баракхенова Л. А., Николаевский В.С. Влияние сернистого газа на фотосинтез растений. - Новосибирск: Наука, 1988. - 86 с. [2]. Влияние промышленных загрязнений на сезонные изменения содержания хлорофилла в хвое сосны обыкновенной / А.А. Кривошеева, С.А. Шавнин, В.А. Калинин, П.С. Венедиктов // Физиология растений. - 1991. - Т. 38, вып. 1. - С.163-168. [3]. Гетко Н. В. Растения в техногенной среде. - Минск: Наука и техника, 1989. - 208 с. [4]. Гирс Г. И. Физиология ослабленного дерева. - Новосибирск: Наука, 1982. - 255 с. [5]. Гюббенет Е.Р. Растение и хлорофилл. - М., Л.: Изд-во АН СССР, 1951. - 247 с. [6]. Характеристика фотосинтетического аппарата жизнеспособных хлорофилльных мутантов гороха / С.А. Гостимский, Т. Е. Кренделева, Г.П. Кухарских и др. // Физиология растений. - 1991. - Т. 38, вып. 1. - С. 31 - 39. [7]. Шлык А.А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биологические методы в физиологии растений. - М.: Наука, 1971. - С. 154 - 170. [8]. Anderson J.M., Anderson B. The architecture of photosynthetic membranes: lateral and transverse organization. - TIBS. - 1982. - N 7. - P. 288. [9]. Thornber J. P., Markwell J. B., Reimann S. Plant chlorophyllprotein complexes : recent advances // Photochem. Photobiol. - 1979. - Vol. 29 , N 6. - P. 1205. [10]. Zuber H. Structure and function of light-harvesting complexes and their polypeptides // Photochem. Photobiol. - 1985. - Vol. 42 , N 6. - P. 821.

Поступила 8 июля 1996 г.

УДК 630*385.1:630*232:504.38.055:551.536.4

В.И. САКОВЕЦ, В.А. МАТЮШКИН

Институт леса Карельского НЦ РАН



Саковец Владимир Иванович родился в 1947 г., окончил в 1970 г. Белорусский технологический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией лесоведения и лесоводства Института леса Карельского НЦ РАН. Имеет 50 печатных работ в области лесоводства, гидролесомелиорации, лесной экологии.

Матюшкин Василий Алексеевич родился в 1946 г., окончил в 1976 г. Ленинградскую лесотехническую академию, младший научный сотрудник, главный инженер лесного хозяйства Института леса Карельского НЦ РАН. Основные направления научной работы: лесоводство, гидроресомелиорация, лесная экология.



УГЛЕРОДНЫЙ БАЛАНС В СВЯЗИ С ВЕДЕНИЕМ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА НА ТОРФЯНИКАХ КАРЕЛИИ

Рассмотрена динамика углеродного баланса в связи с проведением комплекса лесохозяйственных мероприятий в условиях Карелии. Установлено, что при осушении осоково-сфагнового болота и создании лесных культур с последующим внесением минеральных удобрений запасы углерода значительно увеличиваются в фитомассе растительности, в то же время происходит некоторое уменьшение его в торфяной залежи. В целом в биогеоценозе углеродный баланс положителен.

The dynamics of carbon balance in connection with the complex of forestry activities under conditions of Karelia has been considered. It has been stated that when reclaiming sedge-sphagnum bog and establishing artificial forest crops with further application of mineral fertilizers, carbon stocks significantly increase in vegetation phytomass, at the same time there occurs some decrease of carbon in peat deposits. On the whole, carbon balance in biogeocenosis is positive.

В Карелии в 60–80-е гг. болотные экосистемы широко вовлекались в лесохозяйственное освоение. В настоящее время осушено около 750 тыс. га болот и заболоченных лесов (13,9 % от их общей площади). Лесные культуры созданы на площади 70 тыс. га. Удобрения вносили только на опытных объектах осушенных лесов. Эти мероприятия широко проводились на Северо-Западе России, в Финляндии, Скандинавских странах, и выявление их роли в биосферных процессах бореального климата является актуальнейшей проблемой в период глобального потепления климата планеты. Сведения о влиянии лесохозяйственных воздействий на биосферные процессы в лесоболотных экосистемах многочисленны и нуждаются в уточнении.

В данной работе рассмотрено влияние комплекса лесохозяйственных мероприятий (осушение, создание лесных культур, внесение ми-

неральных удобрений) на содержание углекислого газа в атмосфере. Исследования проводили в южной части Карелии (61°48' с.ш. и 33°35' в.д.). В качестве объекта был выбран болотный массив осоково-сфагнового болота, большая часть которого осушена в 1970 г., расстояние между осушителями 160 м. Заложено три опытных участка: 1 – на неосушенной части болотного массива; 2 – в лесных культурах на осушенной части; 3 – в лесных культурах на осушенной части с внесением минеральных удобрений. Культуры сосны созданы в 1972 г. Почва подготовлена путем бороздования, расстояние между бороздами 5...6 м, их глубина 40...50 см. В 1987 г. на части площади проведена подкормка $N_{75}P_{125}K_{75}$ по д.в. В качестве удобрений использованы карбамид, двойной суперфосфат и хлористый калий. В этом году средняя высота культур составила 5 м, густота 3 тыс. шт./га, запас 33 м³/га. Выбор лесных культур в качестве объекта наблюдений обеспечил однородность древостоя по возрасту и условиям местообитания, что имело большое значение для сравнения вариантов.

Влияние минеральных удобрений на рост лесных культур и динамику накопления органического вещества изучали до внесения удобрений и через 8 лет после подкормки. На неосушенной части болотного массива фитомассу напочвенной растительности определяли только один раз в 1993 г.

При сборе и обработке материала использовали методические рекомендации по изучению запасов органического вещества [4, 5]. Модельные деревья среднего диаметра (10 шт. в каждом варианте) отбирали в конце августа 1986 и 1994 гг. Фитомассу напочвенного покрова учитывали в июле методом укосов на 40 площадках по 0,25 м². Содержание углерода С во всех фракциях древостоя, напочвенного покрова и торфяной залежи определяли методом мокрого сжигания по Тюрину [1]. Изменение запаса органического вещества, в том числе углерода, в торфе под воздействием лесохозяйственного освоения болотного массива изучали по 10-сантиметровым горизонтам торфяной залежи через плотность. Осадка выражается изменением толщины торфяной залежи между вариантами. Различие в массе торфяной залежи неосушенного и освоенного участков дает возможность судить о ее «сработке», увеличении или стабилизации. Запас углерода в почвенно-грунтовых водах рассчитывали через запас воды в торфяной залежи и его концентрации. Запасы воды в нижних горизонтах, где торф находится в постоянном подтоплении, определяли через полную влагоемкость по формуле И.М. Нестеренко [3], разработанной для юга Карелии; в горизонте выше среднего многолетнего уровня почвенно-грунтовых вод – по влажности торфа, найденной весовым методом.

Результаты исследований показывают, что уже в первые годы после подкормки увеличивается прирост древесного яруса в высоту и по диаметру. Текущее изменение запаса чистых культур сосны за 8 лет составило в варианте с удобрениями 64, без них 40 м³/га, т. е. за счет удобрений получен дополнительный прирост древесины 24 м³/га (табл. 1.).

Таблица 1

Год наблюдений	Вариант опыта	Средние		Густота, тыс. шт./га	Полнота		Запас, м ³ /га
		H, м	D, см		абсолютная, м ² /га	относительная	
1986	Неудобренный	4,9	6,5	2967	10,3	0,50	32
	N ₇₅ P ₁₂₅ K ₇₅	5,0	6,5	3090	10,5	0,50	34
1994	Неудобренный	7,1	8,6	2771	16,7	0,70	72
	N ₇₅ P ₁₂₅ K ₇₅	8,6	10,1	2555	20,5	0,84	98

Наиболее полное представление об изменениях в болотном фитоценозе под влиянием лесохозяйственного освоения дает изучение фитомассы, в том числе углерода. Фитоценоз неосушенного болота находится в стабильном состоянии. Его фитомасса во времени изменяется незначительно и зависит от метеоусловий текущего и предыдущего годов, тогда как на осушенном участке после создания культур и внесения удобрений меняются условия местопроизрастания и происходят существенные изменения в фитоценозе. На неосушенной части болотного массива всю фитомассу составляет напочвенный покров. Создание культур приводит к образованию древесного яруса, доля которого в фитомассе фитоценоза со временем возрастает. Проведение подкормки положительно влияет на увеличение запасов углерода в фитомассе древесного яруса. В целом его запасы в фитомассе фитоценоза, образовавшегося после осушения и создания культур, в настоящее время в 6 раз больше, чем в фитомассе неосушенного; при внесении удобрений эта разница возрастает до 7,7 раза. Запас составляет соответственно 6,2; 33,2 и 47,2 т/га (табл. 2).

Как показали расчеты, запас углерода в годичном приросте фитомассы культур в 1,9 раза больше, чем на неосушенном болоте; при внесении удобрений эта разница увеличивается до 2,2 раза. Запас углерода составляет соответственно 2,4; 4,3 и 5,7 т/га. На неосушенном болоте годичный прирост складывается из прироста напочвенного покрова и в условиях сбалансированной системы равен опад [2]. В лесных культурах основная масса годичного прироста приходится на надземную часть древостоя (64,4...76,4 %) – кора, древесина стволов и сучьев. Запас углерода, поступающего с опадом в почву, на всех трех участках приблизительно составляет 2,4...2,8 т/га. На неосушенном болоте в опад поступают отмирающие травы, их корневые системы, мхи, основная масса которых в тот же год разлагается, а остатки консервируются.

На участках лесных культур опад хвои и сучьев разлагается значительно медленнее (3-4 года), на поверхности образуется слой слабо разложившихся остатков, лесная подстилка.

К отрицательным последствиям лесохозяйственного освоения болот следует отнести сработку торфяной залежи. Сведения об этом процессе немногочисленны и противоречивы. Для определения изменения запасов углерода в торфяной залежи за период, прошедший после

Таблица 2

Компоненты биогеоценоза	Лесные культуры на осушенном болоте		Неосу- шенное болото	Углерод по отношению к неосушенному болоту (прибыль(+), убыль(-))	
	удобренные	неудобренные		Осушенный удобренный	Осушенный неудобренный
Фитомасса	<u>88,5</u>	<u>71,6</u>	<u>12,3</u>	+41,0	+27,0
биоценоза	47,2	33,2	6,2		
В том числе	<u>85,4</u>	<u>64,9</u>	—	+45,5	+30,4
древостой	45,5	30,4			
Напочвенный	<u>3,1</u>	<u>6,7</u>	<u>12,3</u>	-4,5	-3,4
покров	1,7	2,8	6,2		
Лесная под-	<u>9,9</u>	<u>7,8</u>	—	+5,2	+4,1
стилка	5,2	4,1			
Очес	—	—	<u>8,6</u>	-3,7	-3,7
			3,7		
Торфяная	<u>915,5</u>	<u>919,3</u>	<u>939,5</u>	-10,7	-9,0
залежь	408,3	410	419		
Почвенно-	<u>0,8</u>	<u>0,8</u>	<u>1,4</u>	-0,3	-0,3
грунтовая	0,4	0,4	0,7		
вода					
Итого	<u>1014,7</u>	<u>99,5</u>	<u>961,8</u>	+31,5	+18,1
	461,1	447,2	429,5		

Примечание. В числителе запас органического вещества, в знаменателе – углерода, т/га.

осушения и создания лесных культур, особенно важен выбор участков, идентичных по основным почвенным показателям. Сравнительный анализ данных почвенного разреза, заложенного на неосушенной части болотного массива в 1993 г., с данными исследований в год создания лесных культур показал, что почвы близки по строению торфяной залежи, ботаническому составу, степени разложения торфа и механическому составу подстилающих пород. Торфяная залежь мощностью 1,2 м до глубины 20...25 см сложена слабо разложившимися сфагновыми торфами с зольностью 2...4 %, глубже – хорошо разложившимися осоково-сфагновыми торфами с зольностью 5,5...7,0 %.

Осушение и подготовка почвы под лесные культуры существенно повлияли на структуру торфяной залежи. Произошла значительная осадка торфа (20...22 см) как физическая, так и за счет выноса органического вещества и минерализации торфа. Плотность верхних слоев торфа возросла в 1,8 – 2,0 раза. Но особенно значительное увеличение плотности и зольности произошло на пластах, где при нарезке борозд верхний слой торфа запахивался вглубь, а более плотные и зольные слои извлекались на поверхность. Это привело к усилению процессов минерализации торфа, а соответственно, и к его сработке. Несмотря на увеличение плотности торфа, запас углерода в торфяной залежи под лесными культурами на 9,0, а на участке с внесением удобрений на 10,7 т/га меньше, чем на неосушенном болоте.

Полученные данные гидрохимического анализа позволяют сделать вывод об увеличении концентрации органического углерода в почвенно-грунтовых водах в связи с осушением в среднем до 63,4 мг/л, т.е. в 1,2 – 1,5 раза. В то же время понижение уровня почвенно-грунтовых вод после гидроресомелиорации обусловило резкое уменьшение запасов воды в торфяной залежи и углерода в почвенно-грунтовых водах.

Обобщая результаты исследований, можно сделать вывод, что лесохозяйственное освоение болотного массива приводит к увеличению запасов углерода в биогеоценозе: этот процесс усиливается при внесении минеральных удобрений. При этом происходит перераспределение углерода по компонентам биогеоценоза, значительно возрастает доля его в фитомассе и уменьшается в торфяной залежи.

С точки зрения биосферной роли такое перераспределение нельзя считать положительным фактором, так как сроки депонирования углерода в фитомассе и торфяной залежи различны. Углерод торфяной залежи исключается из круговорота в естественном состоянии болот на тысячелетия, а углерод фитомассы – не более чем на столетие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. - М.: МГУ, 1970. - 487 с. [2]. Елина Г.А., Кузнецов О.Л., Максимов А.И. Структурно-функциональная организация и динамика болотных экосистем Карелии. - Л.: Наука, 1984. - 128 с. [3]. Нестеренко И.М. Мелиорация земель Европейского Севера СССР. - Л.: Наука, 1979. - 360 с. [4]. Поздняков Л.К. Лесное ресурсоведение. - Новосибирск: Наука, 1973. - 120 с. [5]. Родин Л.Е., Ремезов Н.П., Базилевич Н.И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. - Л.: Наука, 1968. - 140 с.

Поступила 28 июня 1996 г.

УДК[504.064.36:574]:630*425:630*453

В. В. ДЬЯКОНОВ

Институт леса Карельского НЦ РАН



Дьяконов Вячеслав Васильевич родился в 1949 г., окончил в 1971 г. Петрозаводский государственный университет, старший научный сотрудник лаборатории лесоведения и лесоводства Института леса Карельского НЦ РАН. Имеет 30 печатных работ в области лесоводства, экологии.

СОСТОЯНИЕ ДРЕВЕСНОГО ПОЛОГА ЛЕСОВ КАРЕЛИИ

Отмечено отсутствие явного отрицательного влияния атмосферных загрязнений на состояние древесного полога. Наблюдается тенденция к его ухудшению на территориях, прилегающих к крупным промышленным центрам.

The absence of evidently-negative influence of atmospheric pollution on the tree canopy condition has been pointed out. The tendency to its deterioration on the territories, neighbouring on the large industrial centres is observed.

Бореальные леса европейской части России испытывают антропогенные нагрузки в результате интенсивного хозяйственного освоения и влияния трансграничных и локальных переносов промышленных эмиссий. В последнее время во многих странах наблюдается повреждение лесов промышленными выбросами, которые снижают их продуктивность и долговечность [1]. Однако среди комплекса факторов, способных вызвать ухудшение состояния лесов, трудно выделить непосредственное влияние загрязнения атмосферы [5]. По мнению многих специалистов [4], решающим фактором, обуславливающим ухудшение

состояния лесных экосистем, является загрязнение, а энтомовредители, грибные болезни и другие повреждения лишь усиливают его отрицательное воздействие.

Формирование содержания поллютантов в воздухе районов фоновых загрязнений происходит вследствие внутрорегионального и трансграничного переносов. В Карелии такой перенос наиболее вероятен через Ленинградскую, Мурманскую области и Финляндию.

Северные леса слабо адаптируются к условиям перманентного загрязнения и быстро деградируют. Это характерно для лесов промышленных зон Мурманской области [2, 5].

Исследованиями охвачены древостои заповедников Кивач и Костомукшский, национального парка Паанаярви и охранной зоны музея-заповедника Кижы, а также территория по градиентам «оз. Паанаярви – оз. Ладожское» и «Костомукшский горно-обогатительный комбинат – граница с Финляндией».

Наблюдения проводили на постоянных пробных площадях преимущественно в сосняках зеленомошных различного возраста, расположенных относительно равномерно по изучаемой территории. После необходимых замеров на пробной площади размером 0,1...0,5 га составляли таксационную характеристику исследуемого фитоценоза. Отбирали и нумеровали 15...20 деревьев господствующего яруса с последующим лесоводственным их описанием (высота, диаметр, длина и ширина кроны, прирост по диаметру, возраст и т. д.).

Состояние этих деревьев (дефолиация, декромация, наличие вредителей и др.) оценивали согласно «Методике организации и проведения мониторинга лесов СССР» (Пушкино, 1987). Обследование древостоев по градиенту «оз. Паанаярви – оз. Ладожское» проводили по общеевропейской методике в рамках программы «International Cooperative Program of Assessment and Monitoring of Air Pollution on Forest» [6]. Постоянные пункты учета закладывали в сосняках зеленомошных на расстоянии 50...60 км друг от друга с севера на юг. Характеристика площадей приведена в табл. 1.

Наличие и степень деградационных процессов в древостоях под влиянием атмосферного загрязнения первоначально проявляются в состоянии ассимиляционного аппарата деревьев. Изменение размеров, количества и цвета хвои зависит от многих факторов, однако у деревьев высших классов роста в период полного охвоения эти показатели достаточно стабильны. Поэтому основой наших исследований были визуальные наблюдения за состоянием крон, обследование поврежденных деревьев энтомовредителями, грибными болезнями, фиксация других признаков ослабленности ценоза (табл. 2).

В год обследования в районе заповедника Кивач наблюдалась вспышка рыжего соснового пилильщика (*Neodiprion sertifer* Geoffr.). Практически все сосняки были повреждены его гусеницами в той или иной степени. У некоторых деревьев потери хвои достигали 60 %. Энтомологи связывают вспышку пилильщика с ослаблением защитных

Таблица 1

№ пробной площади	Возраст лет	Состав	Тип леса	Класс бонитета	Средняя высота, м	Относительная полнота	Запас, м ³ /га
Заповедник Кивач							
1а	90	9С1Б	Черничный	I	27,4	1,2	577
4а	80	5Е5С	«	III	20,4	1,1	385
6а	90	6ЕЗБ1С	«	III	20,5	1,2	387
14	150	7Е2Б1С	«	IV	20,7	0,9	309
16	120	6ЕЗС1С	«	IV	19,1	0,9	262
25	110	9С1Е	«	III	20,4	0,8	258
27а	70	10С	Брусничный	III	17,3	0,9	257
Заповедник Костомукшский							
1	110	10С	Черничный	III	20,0	0,9	297
2	110	7С3Е	«	IV	17,1	0,7	208
3	105	10С	Брусничный	V	15,6	0,7	172
4	110	10С	«	IV	19,0	0,7	170
5	100	8С1Е1Б	Черничный	IV	22,3	1,0	360
6	125	10С+Б	Вересковый	Va	13,0	0,4	124
7	125	10С+Б	Брусничный	IV	19,8	0,9	265
8	90	9С1Е	Черничный	III	19,9	0,8	227
9	80	10С+Е	«	III	16,8	0,8	227
13	65	10Е+Б	«	IV	11,9	1,2	205
14	110	7Е2С1Б	«	IV	17,3	0,8	348
Национальный парк Паанаярви							
1	80	7С3С+Е	Брусничный	IV	15,3	0,7	148
2	100	10С+Е	«	IV	17,3	0,8	230
3	125	10С	«	IV	18,1	0,7	220
4	140, 90	6С2С2Б	Бруснично-вороничный	V	13,0	0,7	147
5	160, 120	8С2С	Брусничный	V	16,2	0,8	206
6	110	8С2Е+Б	Черничный	IV	19,0	0,6	200
7	85	10С	«	IV	14,0	0,8	169
Музей-заповедник Киж							
1	40	9С1Б	Черничный	III	15,0	1,0	180
2	35	10С	«	II	11,0	0,7	110
3	100	10С	«	III	22,0	0,9	310
4	100	9С1Б	«	III	20,0	1,0	315
5	100	7С2Е1Б	«	II	27,0	1,1	343
6	50	10Б	Приручейный	II	18,0	1,0	230
7	80	8С2Б	Черничный	II	23,0	0,6	220

Продолжение табл. 1

№ пробной площади	Возраст лет	Состав	Тип леса	Класс бонитета	Средняя высота, м	Относительная полнота	Запас, м ³ /га
Градиент «Костомукшский ГОК – граница»							
4	110	10С	Брусничный	IV	19,0	0,6	170
10	100	9С1Б	«	III	19,8	0,7	250
11	85	10С+Б	Черничный	IV	15,8	0,8	209
12	140	9С1Б	Брусничный	IV	21,6	0,8	300
Градиент «оз. Паанаярви – оз. Ладожское»							
1	100	8С2Е	Черничный	IV	19,0	0,6	200
2	100	10С+Б	Бруснично-черничный	III	20,5	0,6	250
3	130	10С	Брусничный	IV	15,4	0,6	250
4	125	10С	Лишайниковый	V	15,5	0,7	200
5	145	10С	«	IV	17,7	0,7	300
6	130	10С	Брусничный	IV	19,3	0,7	300
7	120	9С1Б	«	III	23,3	0,8	350
8	60	10С+Б	Черничный	II	22,5	0,6	250
9	40	10С	Брусничный	IV	10,8	1,0	120
10	50	10С	«	IV	15,2	0,8	170

функций деревьев вследствие неблагоприятных метеоусловий года, но не исключено и влияние загрязнения воздуха выбросами Кондопожского ЦБК, расположенного в 20...30 км от заповедника.

В насаждениях, подверженных сильному антропогенному воздействию, в частности атмосферному загрязнению, на определенной стадии значительно увеличивается отпад деревьев. Запасы сухостоя на объектах заповедника Кивач в среднем равны 3,5 % от запасов растущих деревьев при максимальном значении 18 % в перестойном 220-летнем ельнике, половину из которого составляет отпад березы. Таким образом, по этому показателю влияние антропогенных факторов на древостой заповедника не наблюдается.

Территория заповедника Костомукшский также находится вблизи крупнейшего в республике источника атмосферного загрязнения. Пробные площади удалены от Костомукшского ГОКа на 21...30 км, т. е. находятся вне пределов импактной зоны. Тем не менее, по нашему мнению, не исключено «расширение» этой зоны в момент аварийных выбросов эксгалатов в атмосферу при определенных метеоусловиях. Дефолиация и дехромация в сосняках довольно значительны. Практически все обследованные древостои в недавнем прошлом в различной степени были поражены сосновым лубоедом (*Tomicus piniperda* L.) при его дополнительном питании. Увеличение численности личинок лубоеда может быть обусловлено ослаблением древостоев вследствие локального атмосферного загрязнения. В некоторых древостоях

Таблица 2

№ пробной площади	Возраст хвои, лет	Дефолиация,	Дехромация,	Энтомовредители	Класс повреждения
		%			
Заповедник Кивач					
1а	4	15	0	<i>Neodiprion</i>	1
4а	5-7	4	0	Отсутств.	0
6а	5-7	8	2	-	1
14	6-7	4	0	-	0
16	5-7	10	4	-	1
25	3-4	8	0	<i>Neodiprion</i>	0
27а	4-5	25	0	«	2
Заповедник Костомукшский					
1	3-4	12	15	<i>Tomicus</i>	1
2	3-4	18	24	«	2
3	2-3	21	3	«	2
4	2-4	25	25	«	2
5	2-4	15	2	«	1
6	2-3	16	3	«	2
7	3-4	18	7	«	2
8	2-4	21	12	«	2
9	3-4	14	4	«	2
13	6-7	6	11	Отсутств.	1
14	6-7	8	13	-	1
Национальный парк Паанаярви					
1	3-4	3,5	3,5	Отсутств.	0
2	3-4	4,5	5,0	-	0
3	3-4	6,0	0,4	-	0
4	3-4	3,5	10,0	-	0
5	3-5	0	18,0	-	0
6	4-5	4,0	6,0	-	0
7	3-5	4,0	4,5	-	0
Музей-заповедник Киж					
1	5	0	0	Отсутств.	0
2	4-5	0	0	-	0
3	4-5	0	0	-	0
4	4-6	0	0	-	0
5	4-5	5,5	2	-	0
6	1	0	0	-	0
7	4-6	0	0	-	0

Продолжение табл. 2

№ пробной площади	Возраст хвои, лет	Дефолиация,	Дехромация,	Энтомовредители	Класс повреждения
		%			
Градиент «Костомукшский ГОК – граница»					
12	2-4	25	25	<i>Tomicus</i>	2
10	3-4	21	24	«	2
11	3-4	28	21	«	2
4	2-4	27	25	«	2
Градиент «оз. Паанаярви – оз. Ладожское»					
1	4-5	3,5	3,5	Отсутств.	0
2	4	0,2	0,2	-	0
3	4-5	0,2	0,8	-	0
4	4-5	0,4	2,7	-	0
5	4-5	0,4	0,4	-	0
6	4-5	3,1	3,5	-	0
7	4-5	0,8	0,8	-	0
8	4-5	0,8	1,7	-	0
9	4-5	0,8	3,3	-	0
10	3-5	1,7	5,4	-	0

присутствуют следы повреждений крон рыжим сосновым пилильщиком, вершинным короедом, сосновым усачом, птицами и белками. Все обследованные древостои имеют 1-2 класс поврежденности. В условиях преобладания в лесфонде района перестойных древостоев приходится ожидать периодических вспышек численности энтомовредителей. Можно предположить, что атмосферные выбросы горно-обогатительного комбината вызывают ослабление фитоценозов и активизацию энтомовредителей, но связи между состоянием ассимиляционного аппарата и удаленностью объекта от ГОКа не обнаружено. Участки со значительной дефолиацией присутствуют как непосредственно вблизи комбината, так и в 35 км от него.

Анализ наличия сухостойных деревьев в обследованных насаждениях показал, что в зависимости от возраста древостоев и преобладающей породы запасы отпада варьируют от 1 до 21 %, максимальная величина сухостоя зафиксирована в 110-летнем сосняке, где основную ее массу составляют деревья предыдущего поколения. Эти показатели не выходят за рамки нормального развития древостоев.

Состояние насаждений на градиенте «Костомукшский ГОК – граница» аналогично таковому по Костомукшскому заповеднику.

Удаленность от источников загрязнения и отсутствие антропогенного воздействия за последние 55 лет сказались на состоянии лесных экосистем национального парка Паанаярви. Дефолиация в обследованных сосняках практически отсутствует. Значительная дехромация хвои может быть вызвана сезонными метеоусловиями, но нельзя исключать возможность воздействия трансграничных переносов промышленных

эмиссий. Количество сухостоя в среднем составляет 4 % к запасу растущих деревьев с варьированием от 0,5 до 10,0 %.

Географическое положение Кижского архипелага, по-видимому, сглаживает возможное проникновение выбросов со стороны крупных промышленных центров (Петрозаводск и Кондопога). Значительной дефолиации, дехромации и присутствия энтомовредителей в хвойных древостоях не зафиксировано (табл. 2). Лиственные же, особенно черемуха, рябина и ива, сильно повреждены горностаевой молью, причем эти повреждения носят локальный характер. Анализ сухостоя показал, что в зависимости от возраста древостоя запасы отпада варьируют от 0 до 18 % (в среднем 5,4 %). Основной причиной усыхания деревьев является рак-серянка.

Состояние древостоев по градиенту «оз. Паанаярви – оз. Ладожское» отражено в табл. 2. Параметры ассимиляционного аппарата обследованных деревьев находятся в пределах нормы. Это свидетельствует о слабом техногенном воздействии на данные лесные территории в связи с их удаленностью от крупных источников загрязнений воздуха.

Итак, отрицательное влияние фоновых загрязнений атмосферы на древесные ценозы и их таксационные характеристики на рассматриваемом этапе не выражены. Тем не менее наблюдается тенденция изменения состояния крон деревьев на территориях, прилегающих к крупным промышленным центрам, вследствие деятельности насекомых. Не исключено, что активность последних спровоцирована ослаблением древесных ценозов аэротехногенными выбросами промышленных предприятий. В 1995 г. в западной части республики по координатной сетке со стороной квадрата 32 км заложено 60 пробных площадей. Предварительный анализ полученных данных о состоянии древостоя и содержании поллютантов в элементах ценозов показал некоторую связь этих показателей с загрязненностью территории тяжелыми металлами и серой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Вальтер Г. Общая геоботаника / Пер. с нем. - М., 1982. - 264 с. [2]. Влияние промышленного атмосферного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова / Ред. Н. Норин, В. Ярмишко - Л.: Бот. ин-т, 1990. - 195 с. [3]. Цветков В.Ф. Состояние лесов, подвергшихся воздействию промышленных эмиссий в Мурманской области, и проблемы их сохранения // Экологические исследования в лесах Европейского Севера: Сб. науч. тр. / АИЛиЛХ. - Архангельск, 1991. - С. 125 - 136. [4]. Bach W. «Waldsterben»: our dying forest. Part 3. Forest...: extent of damages and control strategies // *Experientia*. - 1985. - Vol. 41, N 9. - P. 1095 - 1104. [5]. Dessureault M. Le deperissement des arbres: nature, causes et mecanismes // *Phytoprotection*. - 1985. - Vol. 66, N 1. - P. 71 - 81. [6]. Manual on methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effect of air pollution on forests. - UN/ECE, Friburg, 1986. - 97 p.

Поступила 28 июня 1996 г.

УДК 630* 284

В.В. ПЕТРИК, А.С. ЯРУНОВАрхангельский государственный технический университет
Архангельский институт леса и лесохимии

Петрик Виталий Васильевич родился в 1952 г., окончил в 1976 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур и механизации лесохозяйственных работ Архангельского государственного технического университета. Имеет более 20 печатных работ в области прижизненного лесопользования.



Ярунов Александр Степанович родился в 1952 г., окончил в 1976 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией прижизненного использования леса Архангельского института леса и лесохимии. Имеет 51 печатную работу в области прижизненного лесопользования.



ТОЧНОСТЬ УСКОРЕННЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СМОЛОПРОДУКТИВНОСТИ СОСНЫ

Предложен способ определения смолпродуктивности отдельных деревьев и насаждения в целом по длине потеков живицы от микроотделов древесины.

A method of determining the resin productivity of individual trees and forest on the whole to a length of resin streaks from microcuttings of wood has been suggested.

Известны два основных метода определения смолпродуктивности деревьев сосны: по выходу живицы (прямой признак) и по лесоводственно-таксационным показателям (косвенный).

Многочисленные исследования тесноты связи выхода живицы с лесоводственно-таксационными показателями свидетельствуют, что практически ни один из них не позволяет с достаточной степенью точ-

ности определить смолопродуктивность дерева. Кроме того, использование этого метода требует значительных затрат труда и времени. Комплекс морфометрических показателей может найти применение при определении смолопродуктивности насаждения.

В настоящее время разработаны несколько способов определения смолопродуктивности по прямому признаку – выходу живицы.

В соответствии с ОСТ 13-80–79 [2] деревья подсачивают одно-сторонней каррой шириной 10 см и находят выход живицы в граммах с одной подновки или карродециметрподновки (КДП). Данный способ дает самые точные результаты при определении смолопродуктивности как отдельных деревьев, как и насаждений в целом. Однако его применение не всегда целесообразно (ввиду трудоемкости, больших затрат времени и потребности в специальном оборудовании), а иногда просто невозможно (насаждения не подлежат подсочке). В этих случаях используют метод микроранений. Наносят по одному микроранению на дерево, а затем через определенное время по длине потеков или количеству собранной живицы судят о способности дерева к выделению живицы. Эти методы менее трудоемки и практически не оказывают влияния на жизнедеятельность деревьев (размеры ранений минимальные), но дают возможность определять в основном только относительную смолопродуктивность.

В 1959 г. Е.П. Проказиным [3] разработан ускоренный способ определения смолопродуктивности сверлением. Подрумянивают кору, не доходя до луба, затем с помощью сверла диаметром 16 мм делают отверстие в стволе на глубину 10 мм и прикрепляют смолоприемник с пробиркой. Через отводную трубку живица поступает в пробирку. При сопоставлении данных этого метода с результатами обычной (без химического воздействия) подсочки автором способа установлена тесная связь абсолютных показателей, которая выражается коэффициентами прямолинейной корреляции 0,63...0,85.

Известен также способ насечек луба [4]. Зачищают грубую кору на высоте 1,3 м от поверхности почвы и метчиком проводят вертикально опускающийся желобок. Верх желобка расширяют до небольшой площадки, где зачищают кору. На этой площадке по оси желобка трубчатый сверлом высекают кружок луба. Смолопродуктивность определяют по длине потека живицы через 24 ч после нанесения ранения. Проведенный разработчиками этого способа хронометраж затрат времени показал, что на определение смолопродуктивности 100 деревьев (от зачистки коры до обмера потека и записи результатов) затрачивается 150 мин или 1,5 мин на дерево.

В литературе также встречается описание способа микроранений [1]. Пробойником наносят круглые ранения диаметром 5 мм и глубиной 4...5 мм. Для этого на рабочей части трубчатого пробойника делают риски через 0,5 см. Момент перехода пробойника в древесину улавливают по звуку и скорости его движения. В рану (не заглубляясь в древесину) вставляют полиэтиленовую трубку того же диаметра длиной 100 см. Противоположный ее конец укрепляют на поверхности ствола

или на сучьях (с превышением на 5...10 см), чтобы живица не растекалась. О смолопродуктивности судят по количеству живицы, накопившейся в трубке.

Для уточнения эффективности описанных в литературе способов ускоренного определения смолопродуктивности нами проведены их испытания на 100 деревьях в каждом опыте, что обеспечивает необходимую точность и достоверность. На одной стороне дерева определяли смолопродуктивность по общепринятой методике в соответствии с ОСТ 13-80-79, на другой – по одному из исследуемых методов.

Определение смолопродуктивности методом сверления [3] подтвердило прямолинейную связь выходов живицы (коэффициент корреляции $0,690 \pm 0,061$). Сопоставление результатов, полученных по общепринятому способу и методу микроранений (Высоцкого), показало высокую результативность последнего (коэффициент корреляции $0,720 \pm 0,051$), но операция по нанесению микроранений затруднена. При заточке инструмента изнутри канал трубчатого пробойника крепко забивается сужающимся керном древесины, который весьма трудно извлечь из-за малого (не более 3 мм) внутреннего диаметра трубчатого пробойника; при заточке с внешней стороны при нанесении ранений заминаются смоляные ходы, что ведет к искажению результатов определения смолопродуктивности.

Недостатком способов сверления и микроранений является необходимость в дополнительном оборудовании (колпачки, трубки, пробирки), а также большие трудозатраты на его установку. Точность определения смолопродуктивности существенно зависит от тщательности нанесения ранений, так как при малой их площади даже незначительные колебания по глубине могут привести к большим колебаниям в выходе живицы.

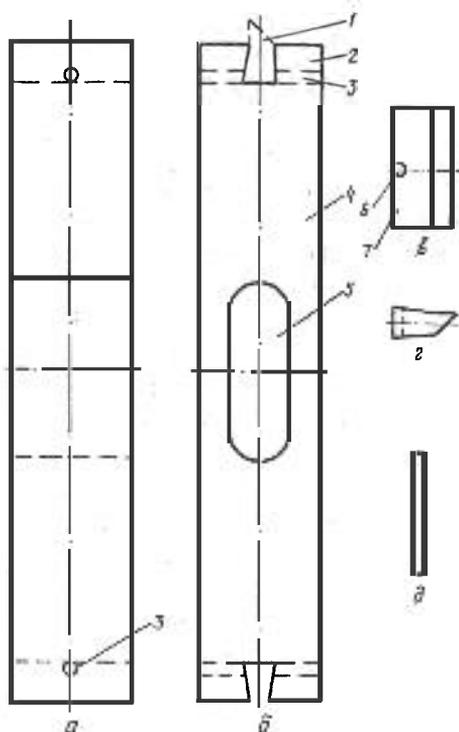
При использовании способа насечек луба не выявлено тесной связи показателей. Коэффициент корреляции составил всего $0,300 \pm 0,099$. Этот способ требует дальнейшей проработки; он неэффективен еще и потому, что при нанесении ранений остаются нескрытыми вертикальные (продольные) смоляные ходы древесины.

По результатам испытаний и анализа положительных и отрицательных сторон предложенных ранее методов нами разработан и испытан способ и инструмент для ускоренного определения смолопродуктивности деревьев.

При разработке инструмента (приспособления) преследовалась цель – упрощение процесса нанесения равномерных ранений, повышение производительности труда.

Рабочий орган инструмента представляет собой двухсторонний ударник, торцовые ударные бойки выполнены плоскими с пазами трапецеидальной формы. В пазах установлены съемные ножи, которые закреплены с помощью фиксирующего элемента.

На рисунке изображено предлагаемое приспособление: вид сбоку (а), вид сверху (б); съемный нож: вид сбоку (в), вид сверху (г); фиксирующий элемент (д).



Приспособление для нанесения ранений состоит из рабочего органа (4) и рукоятки (5). Рабочий орган представляет собой двухсторонний ударник, у которого бойки (2) имеют сквозные отверстия (3), а торцовые стороны бойков выполнены с пазами (1) трапецидальной формы. В пазах размещены съемные ножи (7), в основании которых имеются отверстия (6), выполненные соосно отверстиям в бойках и предназначенные для жесткого крепления ножей в пазах посредством фиксирующего элемента. Ножи имеют клиновидное сечение.

Суть предлагаемого способа заключается в обеспечении вскрытия максимального числа смоляных ходов, особенно вертикальных, с нанесением одина-

ковых по размерам минимальных ранений древесины. В результате увеличивается истечение живицы, что способствует повышению точности определения смолопродуктивности. Минимальные размеры ранений обуславливают быстрое их зарастание и не отражаются на жизнедеятельности деревьев. Разработанный нами инструмент обеспечивает нанесение ранений размером $30 \times 5 \times 5$ мм под заданным углом к продольной оси дерева. Смолопродуктивность дерева определяют по длине потока живицы на коре через 24 ч после вскрытия смоляных ходов.

Предложенный способ мы испытывали на трех пробных площадях в сосняке брусничном IV класса бонитета, V класса возраста. Число деревьев на пробных площадях 101...115 экземпляров, что обеспечивало достоверные результаты при точности опытов в пределах 5 %.

В работах использовали следующую методику. На всех пробных площадях у деревьев на одной стороне определяли смолопродуктивность по ОСТ. Было сделано 10 обходов с паузой 3,5 дн. и шагом подновки 1,2 см. Выход живицы учитывали индивидуально у каждого дерева с точностью 0,1 г. Затем рассчитывали показатель смолопродуктивности для каждого дерева и в целом на пробной площади.

На другой стороне деревьев пробных площадей № 1 и 2 подрумянивали полосу с высоты 1,3 м до шейки корня. На пробной площади № 3 полосу не подрумянивали, а на высоте 1,3 м подготавливали место под ранение размером 5×5 см. Затем на каждом дереве на высоте 1,3 м (на пробах № 1 и 2 в верхней части полосы) специальным приспособлением наносили ранения одинаковых размеров ($30 \times 5 \times 5$ мм).

**Выход живицы и длина потека
у деревьев разных категорий смолопродуктивности**

Категория смоло- продуктив- ности	Пробная площадь № 1		Пробная площадь № 2		Пробная площадь № 3	
	Выход живицы с КПД, г	Длина потека, см	Выход живицы с КПД, г	Длина потека, см	Выход живицы с КПД, г	Длина потека, см
Низкая	3,7 ± 0,3	31 ± 3	3,4 ± 0,2	29 ± 3	3,3 ± 0,3	28 ± 4
Средняя	8,1 ± 0,2	69 ± 3	7,8 ± 0,2	65 ± 3	8,0 ± 0,2	64 ± 3
Высокая	11,2 ± 0,3	91 ± 4	10,5 ± 0,4	87 ± 5	10,7 ± 0,4	81 ± 5
Среднее	8,0 ± 0,2	68 ± 3	7,6 ± 0,2	65 ± 3	7,9 ± 0,3	62 ± 4

Через 24 ч у каждого дерева замеряли длину потека живицы с точностью 1 см. Полученные данные обрабатывали с помощью методов вариационной статистики (см. таблицу).

Установлено, что между длиной потека и выходом живицы с карродециметрподновки имеется достоверная связь, которая по пробным площадям № 1, 2 и 3 выражается корреляционным отношением соответственно $0,88 \pm 0,02$, $0,86 \pm 0,01$, $0,71 \pm 0,05$.

Затем все деревья в вариантах по фактическому выходу живицы с карроподновки и длине потека были разбиты на три категории смолопродуктивности: высокой, средней и низкой. Анализ полученных данных показал, что практически все деревья, относящиеся к определенной категории смолопродуктивности по выходу живицы, попадают в ту же категорию и по длине потека. Ошибки в распределении отмечены у 5 % деревьев, которые по выходу живицы находятся на границах категорий.

По фактическим данным длины потеков и выхода живицы с карродециметрподновки в граммах вычислены уравнения связи между этими показателями и рассчитаны коэффициенты перехода длины потека на выход живицы. С помощью этих коэффициентов по вариантам опыта у всех деревьев по длине потека рассчитан выход живицы в граммах на карроподновку при ширине карры 10 см.

Результаты сравнения выходов живицы, полученных фактически и вычисленных по длине потека, показали, что более чем у 90 % деревьев разница в смолопродуктивности не превышает 7 %, а средний выход на пробных площадях различается менее чем на 5 %. Наиболее точные результаты дает способ с подрумяниванием вертикальной полосы коры, при котором точнее определяется нижняя граница потека живицы.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы. Выход живицы, в частности длина потеков при нанесении одинаковых по размерам микроранений, имеет достоверную связь (корреляционное отношение $0,71...0,88$) со смолопродуктивностью, определяемой в соответствии с ОСТ 13-80-79.

Разработанный и испытанный авторами способ ускоренного определения смолопродуктивности и инструмент для его осуществления позволяют определить категорию смолопродуктивности деревьев и через коэффициенты перевода вычислить смолопродуктивность отдельных деревьев и их совокупности с достаточной степенью точности.

Для определения смолопродуктивности древостоя как по прямому признаку – выходу живицы, так и по длине потока с точностью 10 % необходимо взять не менее 80 деревьев, 5 % – не менее 100 деревьев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Высоцкий А.А. Создание искусственных сосновых насаждений повышенной смолопродуктивности - М., 1983. - 33 с.- (Лесные пользования: Обзор.информ. / ЦБНТИлесхоз). [2]. ОСТ 13-80-79. Подсочка сосны. Термины и определения. - М.: Минлесбумдревпром, 1979. - 20 с. [3]. Проказин Е.П. Селекция смолопродуктивных форм сосны обыкновенной // Опыт и достижения по селекции лесных пород. - М.: Минсельхоз СССР, 1959. - Вып. 48.- С. 125 - 186. [4]. Хиров А.А., Невзоров В.М. Селекция смолопродуктивных форм сосны обыкновенной в Бузулукском бору // Сб. работ по лесн. хоз-ву. - М., 1965. - С.281 - 302.

Поступила 28 апреля 1995 г.

УДК 630*61:681.322

О.А. НЕВОЛИН, С.В. ТОРХОВ, С.В. ТРЕТЬЯКОВ

Архангельский государственный технический университет
Архангельская лесоустроительная экспедиция



Неволин Олег Алексеевич родился в 1929 г., окончил в 1952 г. Архангельский лесотехнический институт, заслуженный лесовод России, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства Архангельского государственного технического университета. Имеет более 110 печатных трудов в области изучения высокопродуктивных лесов Севера и организации хозяйства в них, истории лесного хозяйства и лесоустройства.

Торхов Сергей Васильевич родился в 1955 г., окончил в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, главный инженер Архангельской лесоустроительной экспедиции. Имеет 2 печатные работы в области лесоустроительного проектирования, оценки лесов и организации лесного хозяйства.



Третьяков Сергей Васильевич родился в 1956 г., окончил в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства Архангельского государственного технического университета. Имеет более 20 печатных трудов в области изучения закономерностей роста и продуктивности среднетаежных сосново-еловых лесов.



ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ – НОВЫЙ ЭТАП В РАЗВИТИИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ СЕВЕРНОГО ЛЕСОУСТРОЙСТВА

На фоне исторического развития техники и технологии лесоустройства рассмотрено применение в северном лесоустройстве персональных ЭВМ при обработке данных инвентаризации лесного фонда и создании лесных карт. Высказаны соображения о дальнейшем использовании геоинформационных систем в лесоустройстве и лесном хозяйстве.

Based on the background of historical development of forest management techniques, the PC usage in the northern management when processing the data of forest resource inventory and establishing forest maps has been observed. Some considerations on further application of geoinformation systems in forestry and forest management have been stated.

Северное лесоустройство прошло долгий, трудный и славный путь развития, в процессе которого постоянно совершенствовались техника и технология производства полевых, камеральных и проектных работ [6 – 9]. Аэрофотосъемка лесов, полиграфия, использование

быстродействующих вычислительных машин совершили подлинную техническую революцию в лесоустройстве [2, 5, 8].

Научно-технический прогресс открывает новые перспективы развития техники и технологии лесоустройства. Новые типы аэрофотоаппаратов, установленные на специальных самолетах, космические летательные аппараты, цветное телевидение, лазерная техника, персональные компьютеры – все это техника лесоустройства сегодняшнего дня и ближайшего будущего.

В настоящее время северное лесоустройство обработку данных инвентаризации лесного фонда и составление планово-картографических материалов ведет на персональных ЭВМ.

Архангельская лесоустроительная экспедиция, являясь филиалом Северного лесоустроительного предприятия, до недавнего времени развивалась как типичное полевое подразделение. Обработку данных инвентаризации лесного фонда, размножение планшетов и составление планов лесонасаждений выполняли в вычислительном центре и типографии предприятия в Вологде. Неудобство, связанное с постоянными разъездами между Архангельском и Вологдой, отрыв непосредственных авторов от конечных стадий подготовки издательского экземпляра оборачивались потерей качества. Решение многих вопросов осложнялось несовершенством междугородной телефонной связи.

Развитие в экспедиции собственной базы ПЭВМ долгое время сдерживалось отсутствием необходимых средств и ориентацией традиционных технологий обработки лесоустроительных материалов и изготовления лесных карт на уровень 60 – 80-х гг.

Как это ни парадоксально, но отсутствие в экспедиции вычислительной техники (микрокалькуляторы не в счет) способствовало, при первой же возможности, быстрому переходу к обработке таксационных материалов на персональных компьютерах. Открывшиеся при этом перспективы собственного картографического производства на базе компьютерных технологий побудили руководство лесоустроительной экспедиции усилить ее кадровый состав высококвалифицированными программистами, чтобы с их помощью выбрать и освоить оптимальное по техническим и экономическим параметрам программно-техническое оснащение.

После изучения многих вариантов был выбран программный продукт Института географии РАН – комплекс векторного редактора GeoDraw и программы конечного пользователя GeoГраф. Опыт эксплуатации этих программ подтвердил правильность сделанного выбора. Основными их качествами являются :

- профессиональный уровень;
- возможность интеграции с другими ведущими геоинформационными системами (ГИС);
- открытость системы, позволяющая сконструировать информационную систему с использованием имеющейся повыведельной базы данных;

легкость освоения (в течение 2...5 дн. в объеме обучения, необходимого для самостоятельной оцифровки планшетов);

коммуникабельность, т. е. возможность непосредственного общения с разработчиками программы для быстрого приспособления программы к нуждам лесоустройства;

приемлемые требования к техническому оснащению;

универсальность и доступные цены.

Для ввода информации с учетом сокращения затрат на чисто машинные операции желательны ЭВМ РС АТ 386 и выше, для сборки полигонов – РС АТ 486 и выше. Универсальность программ позволяет неограниченно расширить круг пользователей специфической информации о лесах, что дает дополнительные возможности интеграции с другими отраслями знаний.

Программный комплекс GeoDraw и ГеоГраф находится в постоянном развитии. Однако ожидать создания совершенного программного продукта, полностью удовлетворяющего всем требованиям, можно неопределенно долгое время. Намного продуктивнее работать с системами в период их создания, на деле применяя новейшие разработки, формируя вопросы и решая их один за другим совместно с разработчиками. Освоение ГИС дало, прежде всего, возможность автоматизированного составления лесных карт.

Новая технология в общих чертах выглядит следующим образом. Увязка полигона на топокартах осталась в основном без изменений. Революционных шагов в повышении точности геодезической основы надо ожидать с применением приборов спутниковой навигации с точностью определения координат до 5 м.

Качественно новым этапом, характеризующимся отказом от разрезки полигона на планшеты, является оцифровка полигона. Бесшовный ввод полигона на все лесничество – гарантия полной увязки внутренней ситуации.

Площади кварталов и полигона в целом вычисляют автоматически. Оцифровка внутренней ситуации делается непосредственно с аэрофотоснимков и трансформируется в заданные рамки планшета. По сравнению с обычной технологией применения оптических универсальных топографических проекторов, которые к настоящему времени морально устарели, работа на дигитайзере не только удобнее, но и точнее. Следует лишь отметить, что оцифровку усложняет послойный ввод контуров выделов и их номеров, гидрографии, дорожной сети, квартальных просек, прочих линейных объектов. Оцифрованная ситуация считывается с черновых распечаток.

Производится автоматизированное вычисление площадей выделов и корректировка ошибок в контуре выдела, при заданной его площади. Однако при всей легкости автоматизированного вычисления неизбежны волевые решения и спорные моменты в случаях несоответствия закрепленной площади выдела твердо установленному контуру. Кроме того, в ручном режиме корректируется площадь выделов, пересекающихся линейными объектами (лесные дороги, речки, ручьи и др.),

имеющими площадь, но выраженными на карте внемасштабными условными знаками.

Приемка площадей на данном этапе сохранена в облегченном варианте. Нет необходимости, даже выборочно, проверять площадь выделов, но остались операция заполнения вручную соответствующего макета карточки таксации, контроль общей площади квартала, за отнесением выдела к той или иной категории защитности, за сохранением площади ряда выделов (особо защитные участки, лесные культуры, питомники, плантации, участки долгосрочного пользования и т. п.).

Подключается повыведельная база данных с идентификацией к контуру. Организация базы данных, построение классификаторов производятся применительно к структуре категорий земель и видам пользования лесным фондом.

Лесные карты насыщаются условными знаками, соответствующими по полноте и содержанию (но не форме) инструктивным. Однако если отбор выделов по заданному признаку и отметка контура соответствующим знаком являются несомненным преимуществом новой технологии за счет исключения ошибок и пропусков, а также чистоты автоматизированного вычерчивания, то размещение этих знаков – задача куда более сложная и не решенная до конца. Существующее программное обеспечение не позволяет определить без участия человека оптимальное размещение условных знаков. Поэтому, например, автоматическая штриховка болот, сырых и мокрых мест применяемыми на картах традиционными условными знаками в принципе невозможна. Штриховку можно осуществить в полуавтоматическом режиме: оператор вручную указывает наилучшее место в контуре выдела и автоматически проставляет символ. Более перспективен другой путь – смена условного знака. Например, при выделении сырых и мокрых участков вместо длинных штрихов следует использовать редкие короткие штришки синего цвета, равномерно распределенные по всему контуру выдела. Тогда появится возможность полной автоматизированной окраски – обращение к базе данных, отбор по заданному признаку и машинное черчение.

Одна из особенностей новой технологии компьютерного изготовления лесных карт – отказ от формул. Только на первый взгляд это положение существенно обедняет содержание планшета и плана лесонасаждений. В программной среде ГИС вся информация содержится в таблице атрибутивных данных и может быть затребована в полном объеме. Следует также учитывать, что только в нетронутых однородных древостоях за привычным набором цифр формулы отчетливо вырисовывается их образ. Но, к сожалению, на Европейском Севере России во многих лесхозах такие насаждения теперь почти не встречаются. Разновозрастность, сложный состав, динамичные процессы во вторичных лесах не отражаются в формуле. Генерализация данных по преобладающей породе в ряде случаев может только ввести в заблуждение, а неверная информация хуже ее отсутствия. К тому же тенденция к уменьшению площади среднего выдела уже и при обычной технологии,

во избежание чрезмерной загрузки планшета, все чаще и чаще приводит к усеченному изображению формул.

Полигон лесничества разрезается на планшеты и выполняется зарамочное оформление.

Планшет выводится на печать через крупноформатный плоттер.

На экран дисплея выводится композиция слоев, соответствующая плану лесонасаждений. План лесонасаждений разрезается на форматки и выводится на печать через полноцветный цветной принтер.

Новая технология, несомненно, повышает качество лесных карт. Она исключает случайные ошибки, досадные перекрытия и разрывы в окраске выделов, которые являются обычным следствием традиционной технологии – изготовления издательского позитива на каждый цвет отдельно.

Успешное продвижение в создании цифровых лесных карт способствует развитию информационных технологий в целом. В создании ГИС кроется немало путей повышения качества лесоустроительных работ на всех этапах производства. К примеру, при контурном дешифрировании ввод отдельным слоем горизонталей, характеризующих рельеф местности, позволит полнее, чем это делается сейчас, учитывать орографические связи ландшафта, почвы, растительности и исключить грубые ошибки в контурах выделов, реализуя давние предложения Северо-Западного лесоустроительного предприятия [1].

Заложенные в программу возможности переноса в векторном формате изображения с бумажной копии планшета или с аэрофото-снимка в память компьютера позволили без особых осложнений разработать технологию изготовления цифровых копий лесоустроительного планшета. Следующий этап – подключение поведельной базы данных и идентификация ее с контурами выделов – выводит пользователя на формирование геоинформационной системы. И, как дочерний продукт ГИС, достигается первичная цель – автоматизированное составление плана лесонасаждений.

Использование программных средств геоинформационных систем только для автоматизированного создания лесных карт, по крайней мере, неразумно и расточительно. Развитие ГИС в лесном хозяйстве, в частности в лесоустройстве, находится на начальном этапе. Отдельные прорывы и успехи не скрашивают общую картину молчаливого созерцания внедрения новых информационных технологий в других отраслях. Вместе с тем общий постулат «владеющий информацией владеет и ситуацией» актуален и для лесного хозяйства. Развивающиеся рыночные экономические отношения в стране, внедрение арендных отношений, перераспределение лесосырьевых ресурсов, зачастую при их жестком дефиците, да и сам характер лесного фонда с преобладанием вторичных динамично изменяющихся лесов заставляют критически взглянуть на основной источник информации о лесах – лесоустройство.

Сведения о лесных ресурсах – это фундамент лесоустроительного проектирования и ведения лесного хозяйства. Ведение экологического

мониторинга, а в ряде регионов и кадастра лесов – немыслимо без материалов лесоустройства.

Как информационная система лесоустройство обязано отвечать общим требованиям, предъявляемым к источникам информации. Информация должна быть достаточно точной, актуальной, сопоставимой с данными прежних учетов, наглядной, легко воспринимаемой и экономически оправданной.

Точность работ – не только техническая задача. Как правило, на производстве на первое место выходят экономические аспекты. Современное лесоустройство при жестком дефиците средств ограничено в достижении высокой точности на всей территории, потенциально вовлекаемой в хозяйственную деятельность. Поиск путей сокращения затрат в новой лесоустроительной инструкции [3] выразился в увязке точности работ с хозяйственной необходимостью, максимально более полном использовании материалов предыдущего лесоустройства, снижении подробности лесоустроительных работ за счет увеличения ценза минимальной площади выдела и удлинения до 15 лет ревизионного периода.

Действительно, методика повторного лесоустройства, проводимого в Архангельской области с 1987 г., позволяет дифференцировать трудовые и материальные затраты лесоустроителей по территории лесхоза, сосредоточить их в массивах, планируемых в рубку. Однако в лесхозах Архангельской области со слабо развитой дорожной сетью (0,1 км на 1 тыс. га) и средней площадью лесхоза 1 млн га лесное хозяйство имеет выраженный очаговый характер. Очаги лесохозяйственной деятельности, как правило, действуют синхронно с периодом эксплуатации лесовозных, в основном временных, дорог. Ушли лесозаготовители – разрушаются дороги и все хозяйство. В таких условиях перспективное планирование на 10 лет нереально. Не случайно лесоустроители нередко сталкиваются с фактами неоправданных затрат в массивах, так и не поступивших в запланированные сроки в рубку, и наоборот, отвечают за низкую точность таксации на другой, некогда объявленной «резервной» территории. Так же обстоит дело и с рубками ухода, санитарными рубками. Такое ведение лесного хозяйства делает нецелесообразным составление жесткого неизменяемого проекта на 10, а то и 15 лет. Он должен постоянно корректироваться текущими инвентаризациями, а срок между ними – регулироваться темпами и объемами изменений в лесном фонде.

Нельзя полностью признать и правоту новой лесоустроительной инструкции, узаконивающей игнорирование многочисленных недорубов площадью менее 4 га, находящихся среди вырубок и молодняков. С истощением сырьевых ресурсов лесозаготовители испытывают возрастающий интерес к деконцентрированному эксплуатационному фонду. Ссылки на необходимость в этих случаях II разряда лесоустройства не совсем обоснованы, так как при современном уровне лесного хозяйства преобладающие по площади молодняки недоступны для хозяйственного воздействия.

Поэтому хотя все эти меры и оправдываются экономическими условиями, но учитывают только интересы лесоустройства и лишь в год проведения работ. Недостаточная точность лесоустроительной информации будет ощущаться в течение всего ревизионного периода, нисколько не способствуя престижу лесоустройства.

Свести воедино экономические достоинства повторного лесоустройства и необходимость последующих уточнений вполне возможно, усовершенствовав технологию непрерывного лесоустройства. Опыт такого лесоустройства в Каргопольском лесхозе убедительно доказал его необходимость и экономическую целесообразность. Только так при существующем скудном финансировании можно удовлетворить требования к точности и актуальности лесоустроительной информации. По сути это непрерывное лесоустройство в условиях экстенсивного ведения лесного хозяйства. С реализацией технических и программных возможностей составления цифровых лесных карт, совмещением пространственной и повидельной баз данных, конструированием пользовательских запросов непрерывное лесоустройство поднимается до уровня ГИС. Однако возможности ГИС могут быть реализованы только при соответствующем обучении работников лесного хозяйства, так как постоянное отражение изменений в лесном фонде возложено на работников лесничеств и лесхозов. Лесоустроители должны периодически (через 2...4 года) выезжать в лесхозы, профессионально и объективно отражать накопившиеся изменения в информационной базе данных лесхоза.

При таком подходе возможно силами лесоустроительной экспедиции в 80...100 человек, совместно с лесхозами, поддерживать в актуальном состоянии базу данных о лесном фонде в 30 млн га, т. е. всей Архангельской области. Поэтому экспедиция совместно с Архангельским управлением лесами и преподавателями АГТУ систематически организует курсы обучения аппарата лесхозов работе на персональных компьютерах, активно пропагандирует свои достижения и успехи отдельных лесхозов в овладении новыми информационными технологиями.

В Архангельской области совпадают границы лесхозов и административных районов. Лесной фонд, находящийся во владении лесхозов, составляет большую часть территории районов, другие землепользователи занимают не более 10...15 % общей площади. Таким образом, при проведении лесоустроительных работ создаются базы данных и электронные карты на основную часть территории района.

На оставшиеся площади также необходимо создать электронные карты. Вне лесного фонда лесхозов находятся леса сельскохозяйственных формирований и других владельцев лесного фонда [4]. Часть этих земель, в том числе покрытых лесом, перешла в частное владение при реорганизации колхозов и совхозов и организации фермерских хозяйств. В сложившихся условиях границам между разными землепользователями придается все более принципиальное значение. Как и раньше, эти границы постоянно согласовываются. Однако сейчас,

когда участки земли передаются в собственность и становятся предметом купли – продажи, эти вопросы приобретают особое значение.

Участки леса, находящиеся в пределах городской черты и отнесенные к городским лесам, также необходимо уточнить и наладить в них лесное хозяйство. Границы этих участков надо строго контролировать при согласовании между землепользователями. Вопросы, связанные с учетом этих земель, находятся в ведении Комитета по земельным ресурсам и землеустройству. Комитет проводит определенную работу по уточнению границ, а также организации учета и обработки данных о земельных ресурсах на ЭВМ, созданию ГИС. Но, к сожалению, она ведется очень медленно.

Большое значение для пользователей ГИС имеет возможность увязки электронных карт. Программный комплекс GeoDraw и ГеоГраф позволяет успешно интегрировать с другими ведущими программами ГИС, такими как ARC/INFO.

Использование ГИС невозможно без тесного сотрудничества всех сторон, заинтересованных в повышении точности и достоверности информации о лесном фонде и его границах.

Опыт создания и функционирования ГИС как за рубежом, так и у нас в стране неразрывно связан с широким использованием материалов космической съемки как наиболее актуальных и сравнительно дешевых. В практике Архангельской лесоустроительной экспедиции материалы космосъемки послужили картографической основой учета всех накопившихся изменений в Каргопольском лесхозе; позволили уточнить контуры вырубок года лесоустройства в Архангельском лесхозе; закрыли брешь в обеспечении аэрофотоснимками в Емецком лесхозе. Вместе с тем использование материалов отечественной космосъемки, по крайней мере открытой для пользования, значительно затруднено из-за необычных спектров, мозаичности контуров, нечеткости границ, облачности, потери качества вследствие многоэтапности увеличения. Тем не менее изображение на космических снимках, даже невысокого разрешения, заложенное в память компьютера в качестве растровой подложки оцифрованной лесной карты, позволит своевременно и объективно отслеживать все изменения в лесном фонде, не прибегая к дорогостоящей аэрофотосъемке.

Использование технических и программных средств обработки космической информации для составления лесных карт, технология их создания и поддержки в актуальном состоянии – основная задача геоинформационных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Данюлис Е.П., Кренев И.А. Методические указания по инвентаризации лесов на основе материалов аэрокосмических съемок и данных прежнего лесоустройства. - Л.: Сев.-Зап. лесоустр. предпр., 1990. - 41 с.
- [2]. Инструкция для устройства, ревизии устройства и лесоэкономического обследования общегосударственных лесов РСФСР. - М., 1926. - 304 с.
- [3].

Инструкция по проведению лесоустройства в лесном фонде России. - М., 1995. - Ч. 1. Организация лесоустройства. Полевые работы. - 175 с.; Ч. 2. Камеральные работы. - 112 с. [4]. Лесной кодекс Российской Федерации / ВНИИЦлесресурс. - 1997. - 66 с. [5]. Неволин О.А. Применение в лесоустройстве счетных машин. - Архангельск: РИО АЛТИ, 1973. - 91 с. [6]. Неволин О.А. Развитие отечественного лесоустройства на Европейском Севере. - Л.: ЛТА, 1983. - 44 с. [7]. Неволин О.А. Сто лет северному лесоустройству // Лесн. журн. - 1983. - № 5. - С. 126 - 128. - (Изв. высш. учеб. заведений). [8]. Развитие лесоустройства в СССР / П.И. Мороз, В.М. Павлов, Н.Н. Гусев и др. - М.: Лесн. пром-сть, 1967. - 312 с. [9]. Тюрин Е.Г. Таежные первопроходцы (к 110-летию Вологодского лесоустройства) // Лесн. журн. - 1993. - № 2 - 3. - С. 188 - 190. - (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 31 декабря 1996 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 625.731.001.24

В. С. МОРОЗОВ

Архангельский государственный технический университет



Морозов Владимир Станиславович родился в 1955 г., окончил в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры строительной механики и сопротивления материалов Архангельского государственного технического университета. Имеет более 20 печатных работ в области строительства и эксплуатации зимних лесовозных дорог.

**ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ
МЕРЗЛОГО ТОРФА**

Предложена методика определения модуля упругости мерзлого торфа на сжатие по кривым ползучести. Установлено влияние влажности торфа на модуль упругости.

The methods of determining the frozen peat modulus of elasticity in compression by creep curves have been offered. The influence of peat moisture content on the modulus of elasticity has been stated.

При освоении лесных массивов значительную часть древесины вывозят по сезонным зимним автомобильным дорогам. Такие дороги часто проходят по болотам и заболоченным участкам, поэтому задача расчета прочности проезжей части из мерзлого торфа актуальна и имеет важное практическое значение.

Один из основных расчетных параметров – модуль упругости E мерзлого торфа. Его определению посвящен ряд работ [1, 3 – 5], однако уточнение значений модуля упругости и других механических свойств мерзлого торфа по-прежнему необходимо. Это составляет основную цель настоящей статьи.

Мерзлый торф, как известно [2, 4], является многокомпонентной композитной системой, в которой растительные волокна торфяных залежей связаны с помощью льда. Механические свойства такого материала определяют экспериментально. Они зависят от фазового состава воды, прочности волокон, природы контактов между ними, состояния пленок воды и других факторов.

Ниже использованы материалы экспериментов по исследованию деформационных свойств мерзлого торфа, приведенные в работе [6].

В результате анализа этого материала нами получена эмпирическая зависимость между действующими в торфе напряжениями σ и его относительной деформацией ε :

$$\varepsilon = B\sigma^n. \quad (1)$$

Значения расчетных коэффициентов B и n зависят от трех факторов: времени действия нагрузки, относительной влажности торфа и его температуры. По результатам обработки экспериментальных данных методами математической статистики получены следующие регрессионные уравнения:

$$B = 16,6281 + 0,03162t - 0,02525W + 0,2020\theta; \quad (2)$$

$$n = 0,3129 + 0,0006167t - 0,0004247W + 0,01697\theta, \quad (3)$$

где t – время действия нагрузки, ч;

W – относительная влажность торфа, %;

θ – температура торфа, °С.

Для автомобильных дорог значение t можно найти по формуле

$$t = b/v,$$

где b – большая полуось эллипса давления колеса на поверхность дороги, см;

v – скорость движения автомобиля, км/ч.

Пусть $b = 30$ см = 0,0003 км; $v = 60$ км/ч. Тогда $t = 5 \cdot 10^{-6}$ ч = 0,018 с. Для этих значений времени действия сжимающей нагрузки второе слагаемое в формулах (2) и (3) по сравнению с другими пренебрежимо мало. Значит, при определении B и n можно принять $t = 0$, т. е.

$$B = 16,6281 - 0,02525W + 0,2020\theta; \quad (2a)$$

$$n = 0,3129 - 0,0004247W + 0,01697\theta. \quad (3a)$$

Для определения модуля упругости представим формулу (1) в виде

$$\sigma = A\varepsilon^m, \quad (4)$$

где $m = 1/n$; $A = B^n$.

Зависимость (4) является нелинейной. Аппроксимируем ее в заданном диапазоне изменения σ уравнением прямой линии

$$\sigma = E\varepsilon. \quad (5)$$

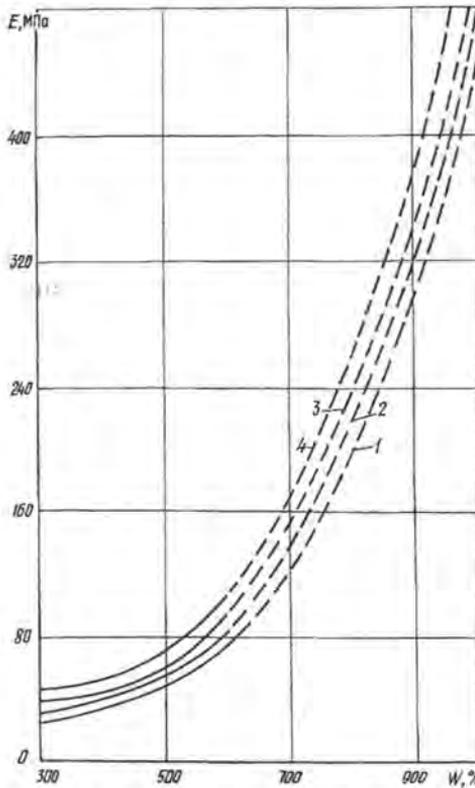


Рис. 1. Зависимость модуля упругости мерзлого торфа от его влажности: 1 - $\theta = -1^\circ\text{C}$; 2 - $\theta = -5^\circ\text{C}$; 3 - $\theta = -10^\circ\text{C}$; 4 - $\theta = -25^\circ\text{C}$

Из всех известных способов аппроксимации (касательных, секущих, ломаных линий и т. д.) используем, как наиболее обоснованный, метод наименьших квадратов. В интегральной форме [6] сумма квадратов разностей значений σ , определяемых по уравнениям (4) и (5), имеет вид

$$\Delta^2 = \int_0^{\epsilon} (Eu - Au^m)^2 du,$$

где буквой u обозначена (вместо ϵ) переменная интегрирования с тем, чтобы отличить ее от верхнего предела.

Используя условия минимума

$$\partial \Delta^2 / \partial E = 0,$$

находим

$$E \frac{\epsilon^2}{3} - \frac{A - \epsilon^{m+2}}{m+2} = 0,$$

отсюда, выражая ϵ по уравнению (1), получаем

$$E = \frac{3n}{B(1+2n)} \sigma^{1-n}. \quad (6)$$

Эта формула справедлива для определения E только в диапазоне изменения влажности W от 300 до 600 % и температуры θ от -1 до -25°C . Значения E , вычисленные для $\sigma = 0,75$ МПа при $t = 0$, приведены в табл. 1.

Как видим, наиболее существенно значения E зависят от влажности мерзлого торфа и менее существенно - от его температуры. Графики этих зависимостей приведены на рис. 1 и 2.

Таблица 1

W, %	Значение E, МПа, при температуре θ , $^\circ\text{C}$				
	0	-5	-10	-15	-20
300	37,14	42,40	46,74	49,46	51,18
400	42,43	49,89	55,41	58,45	60,06
500	52,66	64,03	70,83	73,57	74,30
600	89,30	104,74	107,47	109,04	111,23

Таблица 2

Температура торфа, °С	Коэффициенты уравнения (7)			Критерий Фишера	Коэффициент корреляции
	A_0	A_1	A_2		
0	129,29	-0,538	0,000783	35,509	0,986
-5	132,58	-0,546	0,000831	58,019	0,992
-10	114,04	-0,432	0,000699	102,750	0,955

Зависимость модуля упругости мерзлого торфа от его влажности при неизменной температуре (рис. 1) имеет параболический вид, и ее можно аппроксимировать полиномом

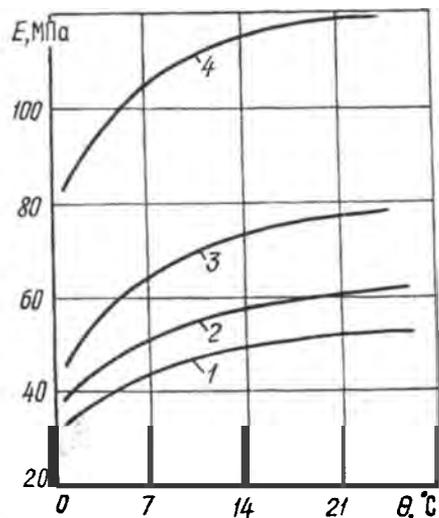
$$E = A_0 + A_1W + A_2W^2. \quad (7)$$

Значения коэффициентов A_0 , A_1 , A_2 приведены в табл. 2.

Вычисленные значения критерия Фишера и коэффициента корреляции позволяют ожидать, что в рассматриваемом диапазоне изменения влажности от 300 до 600 % точность определения E будет достаточно высокой. С увеличением влажности более 600 % точность, конечно, понизится, но и в этом случае уравнение (7) позволит найти ориентировочное значение E . Например, для $W = 800\%$ и $\theta = -5^\circ\text{C}$ находим $E = 199,6$ МПа, а для $W = 1000\%$ имеем $E = 373,8$ МПа и т. д. В работе [4] при аналогичных условиях рекомендуется принимать значение модуля упругости E в диапазоне от 110 до 430 МПа в зависимости от скорости нагружения. Это совпадает с найденными нами значениями и свидетельствует об их достоверности.

На рис. 2 показана зависимость модуля упругости мерзлого торфа от его температуры. Как видим, значения E для мерзлого торфа наиболее интенсивно увеличиваются в диапазоне изменения температуры от 0 до -15°C . При температуре $\theta > -15^\circ\text{C}$ интенсивность его нарастания существенно уменьшается.

Рис. 2. Зависимость модуля упругости мерзлого торфа от температуры: 1 - $W = 300\%$; 2 - $W = 400\%$; 3 - $W = 500\%$; 4 - $W = 600\%$



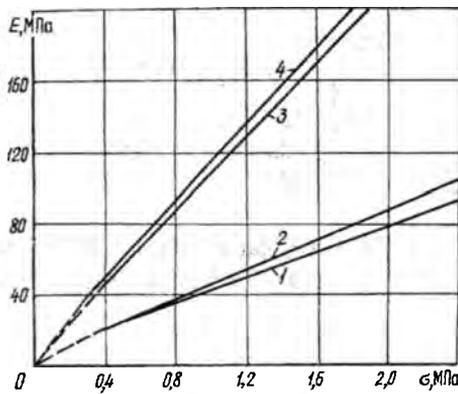


Рис. 3. Зависимость модуля упругости мерзлого торфа от уровня действующих в нем нормальных напряжений: значения W см. на рис. 2; 1, 3 - $t = 4$ ч; 2, 4 - $t = 0$

На рис. 3 приведены графики зависимости модуля упругости мерзлого торфа от среднего удельного давления на площади поверхности эллипса давления от колеса транспортного средства. Графики имеют примерно линейный вид и слабо зависят от времени действия внешней нагрузки.

Напомним еще раз, что эксперименты [2] проведены в диапазоне изменения влажности мерзлого торфа от 300 до 600 %. Для определения модуля упругости мерзлого торфа при $W > 600$ % воспользуемся методами аналитической и графической интерполяции. Эти графики показаны на рис. 1 пунктирными линиями. Используя их, получаем значения E в диапазоне изменения влажности от 400 до 3000 % (табл. 3).

Таблица 3

Тип болота	Влажность торфа, %	Значение E , МПа, при θ , °С			
		-1	-5	-10	-15
Болота I типа с торфяной залежью до минерального дна. Торф сильно-разложившийся, влажность 400...900 %	400	45	52	58	61
	500	56	67	74	77
	600	95	110	118	122
	700	145	166	176	181
	800	213	238	248	254
Болота II типа с торфяной залежью на основании из минеральных илов и сапропелей. Торф среднеразложившийся, влажность 900...1400 %	900	297	330	345	351
	1000	398	438	457	470
	1100	516	563	587	603
	1200	650	705	738	760
Болота III типа с торфяной залежью, плавающей на жидком торфе или жидком иле. Торф слаборазложившийся, влажность 1400...3000 %	1400	970	1020	1055	1080
	2000	2330	2385	2420	2440
	2500	4300	4350	4385	4410
	3000	5600	5670	6040	6060

Таким образом, предложена и математически обоснована методика определения модуля упругости мерзлого торфа на сжатие по кривым ползучести. Расчетные зависимости (1) – (7) позволяют определить с достаточной достоверностью значения E в широком диапазоне изменения влажности торфа и его температуры. Установлено существенное влияние влажности мерзлого торфа на модуль его упругости, что ранее не учитывалось [4].

Значения модулей упругости мерзлого торфа на сжатие, приведенные в табл. 3, могут быть использованы при расчетах напряженно-деформированного состояния оснований зимних дорог на болотах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Амарян Л.С. Прочность и деформируемость торфяных грунтов. - М.: Недра, 1969. - 192 с. [2]. Коваленко Н.П., Морозов В.С. Исследование деформационных свойств мерзлого торфа // Лесн. журн. - 1978. - № 6. - С. 43 - 48. - (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Роман Л.Т., Коновалов А.А. Теплофизические свойства торфов и заторфованных грунтов // Теплофизика промерзающих и оттаивающих оснований. - Красноярск, 1969. - Вып.4. - С. 84 - 96. [4]. Савко Н.Ф., Тупицын Н.М. Несущая способность торфяного покрова и мерзлого слоя торфа при кратковременном и длительном воздействии нагрузок // Строительство трубопроводов. - 1973. - № 3. - С. 21 - 22. [5]. Строительство промышленных сооружений на мерзлом торфе // С.С. Вялов, Г.Л. Каган, А.Н. Воевода, В.И. Муравленко. - М.: Недра, 1980. - 144 с. [6]. Численные методы анализа / Б.П. Демидович, И.А. Марон, Э.З. Шувалова. - М.: Наука, 1967. - 368 с.

Поступила 26 января 1996 г.

НЕКРОЛОГИ

ПАМЯТИ АНАТОЛИЯ ВАСИЛЬЕВИЧА ВЕРЕТЕННИКОВА

13 сентября 1997 г. на 68-м году ушел из жизни Анатолий Васильевич Веретенников – заслуженный деятель науки РФ, доктор биологических наук, профессор, основатель Воронежской школы экологической физиологии древесных растений.

Анатолий Васильевич родился 21 апреля 1929 г. в г. Кузнецке Пензенской области. После окончания средней школы он поступил в Ленинградскую лесотехническую академию, которую окончил в 1952 г. Аспирантуру проходил под руководством проф. Е.А. Жемчужникова. Научные изыскания были связаны с изучением работы корневых систем в связи с избыточным увлажнением почвы.

После успешной защиты кандидатской диссертации в 1958 г. Анатолий Васильевич переехал в Архангельск в Северное отделение Института леса АН СССР, где начал работу с должности младшего научного сотрудника. В дальнейшем под его руководством была создана группа физиологов растений, изучающая эдификаторы различных типов вырубок, физиологию и биохимию подроста ели в связи с рубками. Были разработаны физиологические основы сохранения молодняка на концентрированных вырубках средней и северной подзоны тайги.

Последующие 8 лет работы в Архангельском институте леса и лесохимии были посвящены разработке физиологических основ устойчивости древесных растений к избытку влаги в почве. Результаты этой работы были обобщены в монографии, докторской диссертации и получили всемирное признание.

С 1972 г. по 1976 г. под руководством А.В. Веретенникова – уже руководителя лаборатории физиологии и биохимии растений – проводились углубленные исследования по влиянию осушения торфяных почв на метаболизм древесных растений. По существу было начато новое научное направление – физиология осушенных лесов, являющееся теоретической основой мелиорации заболоченных лесов не только Севера, но и других регионов.

А.В. Веретенников был физиологом растений широкого профиля. В Воронежской государственной лесотехнической академии в течение 20 лет он возглавлял кафедру ботаники и физиологии растений. Под его руководством разработаны теоретические основы гидротехнических мелиораций лесных земель, проведена оценка экологической и санитарно-гигиенической роли лесных культур на промышленных отвалах КМА, выявлены структурно-функциональные особенности древесных растений на этапе прорастания – наиболее критическом в жизни древесных растений, дано эколого-физиологическое обоснование ряда лесохозяйственных мероприятий и т. д.

В последние годы совместно с сотрудниками Научно-исследовательского института лесной генетики и селекции А.В. Веретенниковым начаты успешные исследования по клеточной и генетической инженерии древесных растений – наиболее перспективным направлениям современной биотехнологии.

Как опытный педагог и методист А.В. Веретенников приглашался для консультаций и чтения лекций в другие вузы СНГ. Им опубликовано свыше 200 научных работ, 5 монографий; подготовлено 16 кандидатов и один доктор наук. Анатолий Васильевич – автор 13 учебных пособий, в том числе учебника по физиологии растений, типовой программы и практикума, по которым занимаются студенты лесных вузов России.

Выдающиеся достижения профессора А.В. Веретенникова в развитии отечественной физиологии древесных растений и его непререкаемый авторитет в этой области позволили коллегам избрать его в 1991 г. председателем секции физиологии растений Научного совета «Проблемы леса» РАН.

Большую работу он проводил и в редколлегии «Лесного журнала», членом которой являлся с 1990 г. Заметна его роль лидера в отечественной физиологии древесных растений и как члена ВОФР, ВБО, международных научных обществ ИЮФРО и ФЕОФР.

Память об Анатолии Васильевиче Веретенникове – большом ученом, педагоге, прекрасном человеке – навсегда останется в наших сердцах.

Коллеги и ученики

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Статьи, представляемые в журнал, следует оформлять в соответствии с ОСТ 29.115-88 «Оригиналы авторские и текстовые издательские. Общие технические требования». Объем статьи должен составлять 6-7 страниц машинописного текста, статьи библиографического характера – 3 страницы. Над названием статьи проставляется индекс Универсальной десятичной классификации (УДК). В заглавии статьи указываются ее название, инициалы и фамилия автора (или авторов) на русском и английском языках и место работы. Рукописи направляются в редакцию в двух экземплярах, печатаются через два интервала на одной стороне листа. На листе должно быть не более 30 строк, а в строке не более 60 знаков. С левой стороны листа оставляется чистое поле шириной 30 мм. Все страницы рукописи нумеруются. На полях рукописи необходимо карандашом указать места рисунков и цифровых таблиц, если последние прилагаются к статье на отдельных листах.

Особое внимание должно быть обращено на аккуратное написание индексов и показателей степени. Следует делать ясное различие между заглавными и строчными буквами. Во избежание недоразумения заглавные буквы следует подчеркивать двумя черточками снизу, а строчные – двумя черточками сверху.

Для отличия от буквы О ноль (0) оставлять без подчеркивания. Греческие буквы обозначаются красным карандашом, латинские – синим.

Приводимый в статье графический материал не должен дублировать цифровых таблиц. Никакие сокращения слов, имен, названий, как правило, не допускаются. Возможно употребление лишь общепринятых сокращений. Названия учреждений, предприятий, марки механизмов и т. п., упоминаемые в тексте статьи в первый раз, пишутся сокращенно, а во второй раз – полностью. Инициалы и фамилии авторов указываются полностью. Имена иностранных авторов транскрибируются в соответствии с правилами транскрипции, принятыми в нашей стране. Названия иностранных городов, стран и континентов указываются полностью. Инициалы и фамилии авторов указываются полностью. Инициалы и фамилии авторов указываются полностью.

При ссылке на работы других авторов указываются фамилия автора, инициалы и фамилия автора. Имена иностранных авторов транскрибируются в соответствии с правилами транскрипции, принятыми в нашей стране. Названия иностранных городов, стран и континентов указываются полностью. Инициалы и фамилии авторов указываются полностью.

название работы, номер тома, год издания, страницы).

Список литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-84 «Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления» и должен содержать лишь цитируемые в тексте статьи работы, и, наоборот, все упоминаемые в тексте работы должны быть помещены в список литературы. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Иллюстрации представляются в двух экземплярах. Они должны быть пригодны для сканирования (фотографии должны быть четкими, чертежи необходимо делать черной тушью на ватмане, тени на рисунках – при помощи точек или штрихов). На обратной стороне рисунка указывается его порядковый номер и фамилия автора. Подписи к рисункам прилагаются на отдельном листе.

Рукопись должна быть подписана автором, должны быть написаны дата ее отправки, а также служебный и домашний почтовые адреса и номера телефонов.

Для ускорения публикации статей тексты необходимо представлять только на дискете 3,5 дюйма.

Для компьютерной верстки журнала используются IBM PC совместимые компьютеры и программы, работающие в среде Windows. Для компьютерного набора статей предпочтительно применение текстового процессора Word for Windows.

Для рисунков и фотографий представляются графические файлы в форматах BMP, PCX, TIF (разрешение 300 – 600 dpi).

К статье должны быть приложены краткий реферат, аннотация, рекомендация кафедры, экспертное заключение, две фотографии (6x7 см) и биографии авторов (фамилия, имя, отчество, дата рождения, место рождения, образование, место работы, научные интересы).

Биографии авторов представляются в двух экземплярах. Они должны быть пригодны для сканирования (фотографии должны быть четкими, чертежи необходимо делать черной тушью на ватмане, тени на рисунках – при помощи точек или штрихов). На обратной стороне рисунка указывается его порядковый номер и фамилия автора. Подписи к рисункам прилагаются на отдельном листе.

Инициалы и фамилии авторов указываются полностью. Инициалы и фамилии авторов указываются полностью. Инициалы и фамилии авторов указываются полностью.

Инициалы и фамилии авторов указываются полностью. Инициалы и фамилии авторов указываются полностью. Инициалы и фамилии авторов указываются полностью.

**Подписывайтесь
на первое полугодие 1998 г.
на журнал
«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ»**

«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ»

Индекс 70368

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца. Стоимость трех номеров 81 000 руб., доплаты за услуги связи устанавливаются по регионам.

Подписка принимается органами «Роспечати».

Подписка может быть оформлена через редакцию. (Наш расчетный счет 000609140 в РКЦ центробанка г. Архангельска, БИК 041117001, ИНН 2901039102.) Копию платежного поручения или денежный перевод с указанием адреса и фамилии подписчика просим выслать в редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, отдельные номера журнала высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: 163007, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17, АГТУ, «Лесной журнал».

05
И-332

ISSN 0536 - 1036

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

5

ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ

*МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЙ
ПО ГОСУДАРСТВЕННОЙ НАУЧНО-
ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЕ РОССИИ
«РОССИЙСКИЙ ЛЕС»*

*THE RESEARCH MATERIALS
ON «RUSSIA'S FOREST», THE RUSSIAN STATE
SCIENTIFIC-AND-TECHNICAL PROGRAMME*

1997